

**CAPTURA DE DATOS SISTEMATIZADA EN EL PROCESO DE
INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE
LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**



ESPITIA GENES, GABRIEL JAIME

GARCÉS PÉREZ, KIMBERLY

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA DE SISTEMAS

MONTERIA, CÓRDOBA

2020

**CAPTURA DE DATOS SISTEMATIZADA EN EL PROCESO DE
INFILTRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE
LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

ESPITIA GENES, GABRIEL JAIME

GARCÉS PÉREZ, KIMBERLY

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Trabajo de
Investigación y/o Extensión, como parte de los requisitos para optar al Título de
Ingeniero de Sistemas.**

Director (s):

JORGE E. GÓMEZ GÓMEZ, Ph.D.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA DE SISTEMAS

MONTERÍA, CÓRDOBA

2020

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del
proyecto, serán responsabilidad de los autores.**

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Primeramente, a DIOS,

A mis Amados padres: Eder Eduardo Garcés y Rubiela Pérez

A mis hermosos hermanos Mayerly, Camilo y Eder

Primeramente, a DIOS,

A mis Amados padres:

A mis hermanos

Agradecimientos especial a:

Ph.D. Jorge Eliecer Gómez Gómez nuestro tutor y guía, quien nos ayudó a perfeccionar este proyecto, cumpliendo todas las especificaciones requeridas en la ingeniería de software.

Ph.D. Teovaldis Mercado Fernández, quien aportó sus conocimientos y consejos, para lograr el desarrollo del proyecto con las especificaciones requeridas por el área de agronomía.

Ingeniero Alexander Fernández, quien apoyo y aconsejo el desarrollo de la arquitectura de hardware.

Agradecimientos:

Rubiela Pérez Rodríguez, mi madre y mayor motivación e inspiración para cumplir mis sueños.

Gracias por enseñarme que puedo ser mejor día a día.

Daniel Vásquez y María T Causil, quienes me acompañaron en la fase investigativa de mi proyecto, realizando pruebas manuales sin importar las incomodidades o inclemencias del clima.

Laura Vanessa de la Ossa, por siempre escuchar y aconsejar, aportando sus ideas para el éxito de este proyecto.

Kimberly Garcés Pérez

Agradecimientos:

A mis padres y hermanas por brindarme apoyo durante todo el proceso académico, por motivarme y ayudarme a realizar mis sueños.

Gabriel Espitia Genes

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 Objetivo general	21
1.2 Objetivos específicos.....	21
2. ESTADO DEL ARTE	22
PROCESO DE INFILTRACIÓN	22
TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA MEJORAR LOS PROCESOS AGRÍCOLAS	22
INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN EL PROCESO DE INFILTRACIÓN	24
3. MARCO CONCEPTUAL Y MARCO TEORICO.....	32
3.1 Marco conceptual	32
4. MATERIALES Y MÉTODO.....	43
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	44
4.3 FASES DEL PROYECTO	45
4.3.1 FASE I Investigación Documental.....	45
4.3.2 FASE II Diseño Del Software.....	46
4.3.3 FASE III Desarrollo Del Software y Hardware.....	47
5. DESARROLLO DEL SISTEMA.....	48
5.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA	48
5.1.1 Capa física de detección	48

5.1.2 Capa de comunicación	48
5.1.3 Capa de persistencia	49
5.1.4 Capa de interfaz de usuario	49
5.2 DISEÑO DEL SISTEMA.....	50
5.2.1 Diseño arquitectónico del dispositivo	51
5.2.1 Modelo Relacional	52
5.3 DIAGRAMAS UML.....	53
5.3.1 Diagrama De Clases	53
5.3.2 Casos De Uso	54
5.3.4 Diagrama De Secuencias.....	77
5.3.5 Diagrama De Estado	82
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	83
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	100
MANUAL DE USUARIO INFICOR.....	100

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO.....	93

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Cuadro comparativo estado del arte</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2. Actores del sistema</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3. Registro de Usuario.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 4. Descripción del caso de uso inicio de sesión.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5. Descripción del caso de uso Historial de pruebas</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 6. Descripción del caso de uso prueba en curso</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 7. Descripción del caso de uso infiltración con dispositivo</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 8. Descripción del caso de uso Registro de localización.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 8. Registro de Suelo.....</i>	<i>69</i>

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 Infiltración del agua en el suelo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2 Proceso de infiltración, por medio infiltrómetro de anillo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3 Infiltrómetro de anillo</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4 Arquitectura para internet de las cosas</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5 Arduino.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6 Raspberry Pi.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7 Sensor de ultrasonido US-100.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8 Shield Arduino GSM/GPRS.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 9 Arquitectura del sistema</i>	<i>50</i>
<i>Figura 10 modelo arquitectónico</i>	<i>51</i>
<i>Figura 11 modelo relacional del sistema</i>	<i>52</i>
<i>Figura 12 Diagrama de Clases.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 13 Diagrama caso de uso general.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 15 Diagrama caso de uso inicio de sesión</i>	<i>58</i>
<i>Figura 16 Diagrama caso de uso historial de pruebas.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 17 Diagrama caso de uso Prueba en curso.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 18 Diagrama caso de uso infiltración con dispositivo</i>	<i>64</i>
<i>Figura 19 Registro de localización</i>	<i>66</i>
<i>Figura 20 Registro de Suelo</i>	<i>68</i>
<i>Figura 21 Diagrama de actividades registro de usuario</i>	<i>70</i>
<i>Figura 22 Diagrama de actividades Inicio de sesión.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 23 Diagrama de actividades historial de pruebas</i>	<i>72</i>

<i>Figura 24 Diagrama de actividades prueba en curso</i>	<i>73</i>
<i>Figura 25 Diagrama de actividades uso del dispositivo.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 26 Diagrama de actividades localización</i>	<i>75</i>
<i>Figura 27 Diagrama de actividades suelo.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 28 Diagrama de secuencia registro de usuario.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 30 Diagrama de secuencia registro de usuario.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 31 Diagrama de actividades prueba en curso</i>	<i>80</i>
<i>Figura 32 Diagrama de actividades uso del dispositivo.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 33 Diagrama de estado.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 34 Demostración practica</i>	<i>83</i>
<i>Figura 35 Demostración de uso con estudiantes.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 36 Pruebas comparativa</i>	<i>84</i>
<i>Figura 37 pruebas comparativa 2.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 38 prueba practica con el dispositivo.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 39 prueba practica manual</i>	<i>86</i>
<i>Figura 40 prueba practica con el dispositivo.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 41 prototipo inicial Inficor 1</i>	<i>88</i>
<i>Figura 42 prototipo inicial Inficor 2</i>	<i>88</i>
<i>Figura 43 versión 2.0 Inficor 1</i>	<i>88</i>
<i>Figura 44 versión 2.0 Inficor 1</i>	<i>88</i>
<i>Figura 45 Prueba funcional.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46 Resultado ji-cuadrado</i>	<i>91</i>
<i>Figura 47 prueba estadística.....</i>	<i>92</i>

RESUMEN

En este proyecto se desarrolló un dispositivo que permite realizar la captura de datos sistematizada en el proceso de infiltración del agua en el suelo. Convirtiéndose en una herramienta de apoyo para el personal que realiza la medición con el infiltrómetro de doble anillo, reduciendo el desgaste físico del operario, aumentando la confiabilidad de los resultados obtenidos durante el proceso, además la visualización de los datos desde un sitio web.

Utiliza tecnología IOT (Internet de las cosas) Debido a que está en capacidad de transferir los datos capturados por el dispositivo por medio de la red en caso de tener conexión a internet, cuando el dispositivo no tenga acceso a internet los datos se mantendrán en el data center (centro de datos) del dispositivo manteniendo la integridad de los datos.

La rquitectura de hardware utiliza herramientas tales como: Un Arduino, un sensor de ultrasonido, raspberry pi 3, SIM 800 GSM y la arquitectura de software se desarrolla en el lenguaje de programación php, bootstrap como herramienta de diseño del sitio web y SQL en la base de datos.

Palabras claves (Infiltración, Internet de las cosas, Arduino)

ABSTRACT

This project will be carried out in a device that allows the capture of systematized data in the process of infiltration of water into the soil. Allowing personnel to perform the measurement with the double ring infiltrometer, reduce physical wear, increase the reliability of the affected results with the data captured by the device during the process and visualize the data captured in real time, from any device. It uses IOT (Internet of Things) technology since it is capable of connecting the data captured by the device through the network in case of having an internet connection, when the device does not have access to the internet the data will be kept in the data center of the device with data integrity. The hardware architecture uses tools such as: An Arduino, an ultrasound sensor, raspberry pi 3, SIM 800 GSM and the software architecture is developed in the php programming language, bootstrap as a website design tool and SQL in the database. Manual and device infiltration tests were performed; in order to analyze the data obtained during the process and verify the pressure of the data.

INTRODUCCIÓN

La Infiltración es un elemento importante del ciclo hidrológico interviniente en muchos problemas de evaluación, planificación y diseños de ingeniería (Durante & Diaz, s.t). La capacidad de infiltración es un tema crucial para el mantenimiento de la vegetación y el manejo de la tierra (Zeng Cui et al, 2019). En la Universidad de Córdoba se realiza esta práctica con los estudiantes del área de agronomía y ambiental, utilizando el infiltrómetro de doble anillo, los datos son tomados manualmente durante todo el proceso de la prueba (aproximadamente 5 horas), generando errores por la poca practicidad de este método y las dificultades ambientales o de terrenos a los que se ven expuestos, aquellos quienes realicen la prueba.

El dispositivo desarrollado apoya al usuario que realiza las pruebas de infiltración de agua en el suelo, siendo más prácticos y preciso al momento de la captura de datos, ya que el funcionario tan solo tendría que ajustar el infiltrómetro y empezaría el proceso automático, además, permite la visualización de los datos capturados por el Infiltrómetro desde una aplicación web, esto se logró usando la tecnología de internet de las cosas (IoT). Teniendo en cuenta que esta tecnología es aplicable a muchas áreas que van desde personales a "grandes" empresas y mientras que los dispositivos y las redes proporcionan conectividad física, IoT permiten interacciones de dispositivo a dispositivo y de humano a dispositivo de manera confiable y robusta (Nord et al, 2019), el dispositivo tiene comunicación directa con el usuario registrado en la base de datos, el cual visualiza los datos capturados en tiempo real por medio del sitio web.

En el caso de no contar con conexión a internet por las dificultades del terreno donde se esté realizando la prueba, los datos se mantendrán en el data center hasta recuperar la

conexión sin perder su integridad y confianza en los datos, además podrá acceder a los datos desde una memoria SD, en caso de ser necesario.

El usuario registrado en la base de datos también puede visualizar el historial de las pruebas realizadas en fechas anteriores, manteniendo el registro de las mismas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La capacidad de infiltración es un tema crucial para el mantenimiento de la vegetación y el manejo de la tierra (Zeng Cui et al, 2019). Uno de sus principales usos es determinar el tipo de riego adecuado en los cultivos, teniendo en cuenta que el riego inadecuado puede ocasionar grandes desperdicios de agua y arrastre de los nutrientes junto con partículas del suelo, así como también puede disminuir el rendimiento de las cosechas si se aplica menos agua de la requerida. (FAO Manual de Riego Parcelario 1, s.f). La tasa de infiltración se determina por la cantidad de agua que se infiltra en el suelo por unidad de área y por unidad de tiempo y se logra una vez el suelo se satura (Ghosh y Pekkat, 2019). No obstante, para realizar estos cálculos es requerido tener los conocimientos pertinentes al momento de realizar la prueba. El método del doble anillo además de ser una de las técnicas más antiguas y económicas suele ser una de las más utilizadas debido a su buena relación entre simplicidad y efectividad. Aunque este método es sencillo de realizar demanda tiempo e incomodidad para el operador, el cual debe estar leyendo y registrando las medidas de descenso de la lámina de agua que va infiltrando el suelo, además de estar pendiente de la recarga de agua en el anillo. Esto implica que dicha persona este todo el tiempo que dura la prueba en campo abierto, bajo las inclemencias del clima. A la incomodidad que sufre el operador se le debe sumar el error que se suele presentar en las medidas por el carácter subjetivo que tiene la lectura de éstas (Cerquera et al, 2010).

La Universidad de Córdoba no cuenta con un sistema para la toma de datos automatizada en el proceso de infiltración del agua en el suelo, para realizar las practicas pertinentes del proceso en el sector agrícola, lo cual conlleva a que los estudiantes que realizan la

prueba manualmente, estén bajo las inclemencias del clima en campo abierto durante el tiempo que dura la prueba (las pruebas pueden durar hasta 5 horas, según el tipo de suelo). Además, existen posibilidades que los datos que son tomados durante la prueba aumenten el margen de error, debido a las incomodidades presentadas al momento de realizar la prueba. Conforme a lo anterior el proyecto de sistematización en la toma de datos del proceso de infiltración del agua en el suelo, precisa diseñar un dispositivo electrónico para la toma de datos automática en el proceso de infiltración de agua en el suelo para las prácticas realizadas en el sector agrícola de la universidad de Córdoba, que disponga de la intervención mínima de un operario, y que pueda operar en ambientes alejados, transmitiendo datos en forma segura y fiable, almacenándolos y permitiendo su visualización y consulta.

JUSTIFICACIÓN

El proceso de infiltración de agua en el suelo ha sido intensamente estudiado debido a su importancia en el manejo del agua en la agricultura, la conservación del recurso suelo y otras actividades silvoagropecuarias (Roberto Pizarro T et al, s.f).

Un infiltrómetro permiten estimar la velocidad de infiltración del agua en el suelo, siendo alta en suelos sueltos y baja en los pesados. A partir de este dato se puede calcular el tiempo de riego. Este tiempo de riego deberá respetarse rigurosamente, puesto que si es excedido se recarga la freática y, si es menor, puede producirse estrés hídrico en la planta (Pera Williams 2010). a través de la técnica del infiltrómetro de doble anillo permite obtener mediciones directas de infiltración en áreas reducidas (puntuales). El método consiste en tomar lecturas del descenso del nivel de agua en el anillo interior. Cuando se consigue que la tasa de la infiltración sea constante, la prueba se termina (César Alvarado Batres et al 2017). Son conocidas las severas limitaciones que presentan las mediciones que conllevan a errores experimentales difíciles de cuantificar (Weber y Juan Francisco 2017). Además, este método adolece de algunos defectos que limitan su practicidad y eficacia, y también constituyen serios inconvenientes para su aplicación en pruebas de campo, teniendo en cuenta que el tiempo total de la prueba varía en función del tipo de suelo (de 45 a 90 minutos en suelos arenosos y de 3 a 5 horas en suelos arcillosos). (Leopoldo J. Génova T et al 2017). Es necesario señalar que genera incomodidad en el operador, ya que los datos son tomados de forma constante y requiere de un estricto seguimiento visual, el cual acrecienta un margen de error al momento del análisis de los datos.

En virtud de lo anterior, se ha encaminado este proyecto a suplir las falencias observadas en el método de infiltración de doble anillo, para satisfacer los requerimientos básicos del proceso, por medio del diseño de un sistema automatizado para la captura de datos en forma independiente y con un operario al tanto del proceso.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Desarrollar un dispositivo electrónico para la toma de datos automatizada en el proceso de infiltración de agua en el suelo para las prácticas realizadas en el sector agrícola de la universidad de Córdoba, basada en tecnología IoT.

1.2 Objetivos específicos

1. Analizar las necesidades del sector agrícola durante la captura de datos en proceso de infiltración del agua en el suelo.
2. Diseñar un dispositivo electrónico en función al proceso de infiltración del agua en el suelo.
3. Implementar una aplicación web que se permita la visualización de los datos capturados en tiempo real durante el proceso de infiltración.
4. Realizar pruebas funcionales al dispositivo electrónico y analizar los datos obtenidos durante el proceso de infiltración.

2. ESTADO DEL ARTE

PROCESO DE INFILTRACIÓN

A critical evaluation of measurement induced variability in infiltration characteristics for a river sub-catchments

Una evaluación crítica de la variabilidad inducida por la medición en la infiltración. características de una subcuenca fluvial (Biplab Ghosh¹ & Sreeja Pekkat, 2018)

Las diferentes metodologías adoptadas para las mediciones exhiben variabilidad en la infiltración, siendo esta de gran importancia para el modelo hidrológico de la cuenca. Este estudio comparó la infiltración utilizando un infiltrómetro de doble anillo (DRI), un mini-disco Infiltrómetro (MDI) e infiltrómetro de disco de tensión (TI) para condiciones de campo idénticas y dos estaciones dentro de un río subcuenca en el noreste de India. Se observó que la tasa de infiltración inicial (ii) fue más alta y la tasa de infiltración final (si) fue más baja para DRI, mientras que en la mayoría de los casos fue comparable para infiltrómetros de disco. la correlación y la fracción de tamaño de partícula tienen una correlación estadísticamente insignificante con la hidráulica. con todas las características de infiltración con mayor coeficiente de correlación para ii, y (ii - si). El estudio demuestra claramente la utilidad de los infiltrómetros de disco en relación con DRI para mediciones rigurosas y repetibles para establecer infiltración casi saturada. En este proyecto se visualiza la relación a los distintos métodos durante el proceso de infiltración y la importancia de los resultados en la hidrología.

TECNOLOGÍAS USADAS PARA LA MEJORAR LOS PROCESOS AGRÍCOLAS

mySense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices

mySense: un entorno integral de gestión de datos para mejorar las prácticas agrícolas de precisión (Morais, Silva & Méndez, 2019)

Su objetivo es sistematizar los procedimientos de adquisición de datos para abordar problemas comunes en la agricultura de precisión (AP) y también en las prácticas de viticultura de precisión (PV). mySense construye sobre una estructura tecnológica de 4 capas: sensor y nodos de sensor, campo de cultivo y redes de sensores, servicios en la nube y soporte para aplicaciones. Pone a disposición un conjunto de herramientas gratuitas basadas en el concepto Hazlo tú mismo (DIY) y permite el uso de plataformas de bajo costo Arduino y Raspberry Pi (RPi) para prototipar rápidamente una aplicación de monitoreo completa. Permiten un monitoreo eficiente de casi cualquier parámetro para lograr prácticas sostenibles de manejo de cultivos y aumentar tanto el rendimiento como la calidad del cultivo. Además, una aplicación web multiusuario permite el uso de herramientas de visualización comunes, la posibilidad de compartir datos de proximidad entre usuarios registrados y ofrece una manera de crear reglas basadas en operaciones simples relacionadas con datos de sensores. Sin embargo, muchas tecnologías y estándares aún no están incluidos en esas prácticas. Por lo tanto, los beneficios potenciales que pueden resultar de unir el conocimiento agronómico con la electrónica y las tecnologías informáticas aún no se logran completamente.

El presente aporte cumple su objetivo, impulsándonos a ser parte las tecnologías que unen los conocimientos agronómicos, la electrónica y las tecnologías informáticas con el fin

de aportar un dispositivo de precisión y confianza en el proceso de infiltración del agua en el suelo, en proceso de la adquisición de datos, en nuestro caso al momento de capturar y la visualización de los datos desde una aplicación web.

A survey of semantic web technology for agricultura

Una encuesta sobre tecnología web semántica para la agricultura (Drury, Fernández, Moura & Andrade, 2019)

En los procesos agrícolas, actualmente están generando volúmenes cada vez mayores de datos brutos de fuentes tales como: sensores de suelo, drones y estaciones meteorológicas locales. Los datos sin procesar en sí mismos no tienen sentido y están aislados, y por lo tanto pueden ofrecer poco valor al agricultor. La utilidad de los datos proviene del contexto y el significado, así como su agregación con otras fuentes de datos. La tecnología web semántica puede proporcionar contexto y significado a los datos, así como su agregación al proporcionar formatos comunes de intercambio de datos y lenguajes de descripción de datos.

Aunque este artículo se enfoca en la web semántica para problemas agrícolas, aporta un enfoque interesante en el que se deben manejar adecuadamente los datos recolectados durante el proceso de infiltración, realizando una revisión exhaustiva de los recursos semánticos y el manejo de los mismos.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN EL PROCESO DE INFILTRACIÓN

Automating Double Ring Infiltrometer With Arduino Microcontroller

Infiltrómetro de doble anillo automatizado con microcontrolador Arduino (Fatehnia, Paran & Kish, 2016)

Se desarrolla una solución automatizada para el registro y almacenamiento de datos y el llenado de los anillos durante el proceso de infiltración. El sistema consta de un microcontrolador Arduino, un sensor de efecto Hall, una bomba peristáltica, un sensor de nivel de agua y una válvula flotadora. El funcionamiento del sistema estaba basado en el conteo de las rotaciones efectuadas por el rodillo de la válvula peristáltica, por medio del sensor de efecto Hall para calcular la cantidad de agua suministrada al anillo interno. La medición del nivel de agua dentro de este anillo se lograba a través del sensor de nivel continuo Etape, el cual tiene una longitud de 8” a 32” dependiendo de la versión. Este sensor iba conectado al micro-controlador Arduino y generaba una salida proporcional al nivel del fluido. La programación del micro-controlador Arduino permitía enviar una señal a la válvula peristáltica cuando el nivel descendía a menos de 9 cm en el anillo interno. Por otra parte, el nivel en el anillo externo se controlaba con un flotador conectado al depósito de agua. Los datos recibidos se almacenaban en una memoria SD.

En este proyecto plantea la problemática similar a nuestro proyecto, en la que se desarrolla una solución para la toma de datos automatizada del proceso de infiltración, Nos permite realizar una comparación de las herramientas electrónicas usadas y las que se planean usar.

Surface Ground-penetrating Radar monitoring of water infiltration inside a ring infiltrometer

Supervisión de radar de penetración en el suelo de la infiltración de agua dentro de un infiltrómetro de anillo (Léger & Saintenoy, 2012).

El radar (GPR) es un método útil para investigar cerca de la superficie la distribución y dinámica del agua en medios granulares gruesos tales como suelos arenosos. Los datos adquiridos en las pruebas de infiltrometría, usando el Infiltrómetro de anillo con un dispositivo estándar (GPR) es capaz de controlar el desplazamiento del frente de agua en la tierra. Usando métodos existentes como (GPR) para la toma de datos en el proceso de infiltración en el agua, ayuda en a minimizar el porcentaje de error y la precisión de los datos es mayor al momento de compararla con la toma de datos manual. El presente proyecto nos muestra las ventajas que aporta la tecnología en el sector de la agronomía.

Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semiarid grassland soils

Las raíces finas determinan el potencial de infiltración agua en el suelo en semiáridos de pastizales (Zeng Cui, Gao-Lin Wu, Ze Huang & Yu Liu 2019).

La capacidad de infiltración del suelo determina la tasa de infiltración inicial, la tasa de infiltración constante y la tasa de infiltración media. En este caso se utiliza un sistema de medición que consta de una computadora, una cámara, un trípode y una bomba peristáltica. La bomba peristáltica suministra agua a la superficie del suelo a una velocidad constante, la cámara captura automáticamente imágenes del área húmeda de la superficie del suelo cada 3 minutos bajo el control de la computadora. Infiltración del suelo se calculó utilizando un algoritmo numérico basado en el cambio del área húmeda. En este artículo se plantea una forma de determinar la capacidad de infiltración del suelo, se realizaron pruebas utilizando herramientas sistemáticas que facilita la toma de datos,

logrando la importancia de aplicar las tecnologías que se apliquen al momento de realizar estas pruebas, mejorando la precisión de los datos y por ende los resultados de la prueba.

Design of an Electronic Digital System to Automate the Soil Test of Infiltration Capacity in Field

Diseño de un Sistema Electrónico Digital para Automatizar la Prueba De Capacidad De Infiltración Del Suelo En Campo (Cerquera, López & Ramos, 2010).

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema electrónico digital que automatiza el método de infiltrómetro de anillos, el cual es utilizado para obtener la capacidad de infiltración del suelo. Se emplea un sensor ultrasónico de distancia el cual tiene la función de observador de la lámina de agua infiltrada durante el desarrollo de la prueba. De igual manera se utiliza una electroválvula junto con un tanque abastecedor, encargados de realizar el proceso de recarga de la lámina de agua para que el nivel se mantenga constante, como es ideal. El manejo de estos periféricos se realiza a través una tarjeta de control que posee como elemento central un micro controlador rds PIC. Para la recopilación, el análisis y la interpretación de los datos de la prueba se desarrolla un software denominado InfilSuelosV.1.0, diseñado en el entorno de programación de Visual Basic 6.0 con el que se crea un entorno gráfico amigable y fácil de manejar. Para comprobar la efectividad del prototipo automatizado se efectuaron tres pruebas en distintos sitios, buscando variedad en el tipo de suelo. Al comparar las tablas de datos recogidos entre el proceso automatizado y el proceso manual se obtuvo un error máximo del 12%.

Tabla 1. Cuadro comparativo estado del arte

Artículo	Enfoque	Tecnología y técnicas	Contribución
A critical evaluation of measurement induced variability in infiltration characteristics for a river sub-catchments	Se exhiben la variabilidad de los resultandos obtenidos por las diferentes metodologías usadas común mente durante el proceso de infiltración.	Se usan diferentes metodologías para la calcular la tasa de infiltración un infiltrómetro de doble anillo, un mini-disco Infiltrómetro e infiltrómetro de disco de tensión.	Conocer las formas usarles de calcular la infiltración del agua en el suelo, resulta importante para perfeccionar nuestro trabajo, combatiendo las falencias que existe en los métodos comunes.
mySense: un entorno integral de gestión de datos para mejorar las prácticas agrícolas de precisión (Morais, Silva, Méndez, 2019)	Se enfoca en los beneficios del uso de las herramientas tecnológicas en el mundo de la agricultura, uniendo la agronomía, la electrónica y la tecnología informática. Además, la sistematización de los	Usa tecnologías en capas, sensores y nodo de sensores, campo de cultivo y redes de sensores y servicios de la nube.	Demuestra la importancia de la optimizar y automatizar los procesos de la agricultura en los cuales adquieren gran cantidad de datos y la visualización de los datos desde una aplicación web.

	procedimientos de adquisición de datos.		
A survey of semantic web technology for agricultura	Darles valor a los grandes volúmenes de datos obtenidos, procesándolos y analizándolos, permitiendo al agricultor, una mejor manipulación de los mismos.	Adquisición de datos de cualquier fuente, sensores de suelo, drones o estaciones meteorológicas.	Web semántica para la agricultura, aporta un base al momento de desarrollar la aplicación web, en la cual será necesario la manipulación masiva de datos
Automating Double Ring Infiltrometer With Arduino Microcontroller	La captura de datos automatizada durante el proceso de infiltración de agua en el suelo, usando herramientas electrónicas.	Herramientas electrónicas como: Arduino, sensor efecto hall, bomba peristatica, sensor de nivel de agua, válvula flotadora.	Demuestra que proceso de infiltración es necesario una herramienta, la cual optimice y automatice la captura de datos.

		Usando como una técnica practica la captura de datos en una microSD, asegurando el acceso a los mismos.	
Surface Ground-penetrating Radar monitoring of water infiltration inside a ring infiltrometer	Utiliza métodos existentes como (GPR) para la toma de datos en el proceso de infiltración en el agua, ayuda en a minimizar el porcentaje de error y la precisión de los datos	El Infiltrómetro de anillo con un dispositivo estándar (GPR)	Demuestra la importancia de la precisión de los datos durante el proceso de infiltración, y el apoyo herramientas externas para disminuir el margen de error.
Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semiarid grassland soils	El uso de herramientas para determinar el potencial de infiltración del agua en el suelo en semiáridos de pastizales.	Un sistema de medición que consta de una computadora, una cámara, un trípode y una bomba peristáltica. Además, se usa un algoritmo numérico basado en el cambio de humedad.	Amplia el alcance y las perspectivas del uso del proceso de infiltración en diferentes campos, además el uso de las herramientas tecnológicas.

Design of an Electronic Digital System to Automate the Soil Test of Infiltration Capacity in Field	Permite la captura de datos automatizada durante el proceso de infiltración y la visualización de los mismos desde un software.	Utiliza herramientas electrónicas tales como, Sensor ultrasonido, electroválvula, micro controlador y PIC	Permite la comunicación entre el software y el dispositivo diseñado. Contribuyendo a nuestro proyecto a alcanzar una comunicación similar, mediante tecnología Iot.
Captura de datos sistematizada en el proceso de infiltración del agua en el suelo en el sector agrícola de la universidad de córdoba	Permite la captura automatizada de los datos tomados durante la prueba de infiltración de agua en el suelo, implementado una aplicación web en la que se visualizan los datos capturados en tiempo real.	Usa tecnología Iot (Internet de las cosas), permitiendo una comunicación asíncrona, con el dispositivo electrónico que esta conformado por un sensor Ultrasonido, un raspberry pi 3 y Gsm 800 y la aplicación Web	En la investigación realizada se encontraron proyectos relacionados a nuestro, en lo se busca optimizar los procesos agrícolas por medio de la tecnología, reducir en margen de error en la captura masiva de datos, realizando análisis precisos de la información obtenida.

3. MARCO CONCEPTUAL Y MARCO TEORICO

En desarrollo de un dispositivo que apoye el proceso de infiltración del agua en el suelo, en la captura de datos sistematizada. Se considera importante el manejo de una serie de conceptos, los cuales focaliza la temática que del problema.

3.1 Marco conceptual

Infiltración

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua circula a través del perfil del suelo (desde la superficie terrestre hacia abajo) reponiendo la humedad del suelo, recargando los acuíferos y manteniendo el caudal de los ríos durante los periodos de estiaje. Este concepto hay que distinguirlo del de percolación, que es el movimiento del agua dentro del suelo. (Estilita Ruiz Romera Miren Martínez Santos. st)

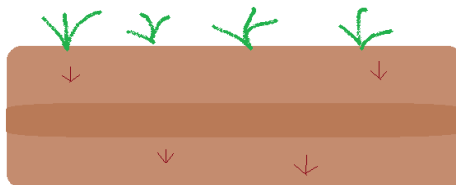


Figura 1 Infiltración del agua en el suelo

Fuente: propia

Proceso de infiltración

El agua del suelo es el factor limitante clave para lograr una revegetación sostenible. La tasa de infiltración del suelo juega un papel importante en la determinación de los aportes de la precipitación, lo cual es importante para el

crecimiento de las plantas y la recarga de agua subterránea en regiones semiáridas. (Zeng Cui et al 2019).

La medición precisa de las tasas de infiltración del suelo es una tarea difícil en los estudios hidrológicos, ya que se rigen por interacciones complejas entre la planta y los componentes del suelo. (Yu Liua et al 2019).

El proceso de infiltración puede continuar sólo si hay espacio disponible para el agua adicional en la superficie del suelo. El volumen disponible para el agua adicional depende de la porosidad del suelo y de la tasa a la cual el agua antes infiltrada puede alejarse de la superficie a través del suelo. (Guillermo Pérez 2019).

velocidad de infiltración

La Velocidad de infiltración determina la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. En casi todos los métodos de riego la velocidad de entrada de agua al suelo determina los tiempos de riego y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utiliza (Roberto Pizarro T et al, s.)

Pruebas de infiltrometría

Existen diferentes pruebas de infiltrometría para determinar las propiedades hidráulicas de los suelos, tales como el infiltrómetro de anillo simple o doble y el disco de tensión permeámetro. Esas pruebas requieren un acceso directo al suelo o la apertura de trincheras. Como se aprecia en la (figura 2) Se basan principalmente en la evolución del nivel del agua y / o manómetro, y aparecen como sistemas ciegos en el

sentido de que no siguen la evolución del bulbo de agua en el suelo. Además, protocolos aquellos protocolos implican mucho tiempo y se basan en muchas hipótesis que se supone que deben verificarse Desde el punto de vista geofísico (Emmanuel Léger et al 2012).



Figura 2 Proceso de infiltración, por medio infiltrómetro de anillo

Fuente: propia

Método de doble anillo

Para realizar este método los dos anillos (exterior e interior) se introducen en el suelo a una profundidad de 10 a 15 cm, hasta lograr que estén perfectamente enterrados y nivelados como se muestra en la (figura 3). El espacio interno de los anillos se llena de agua. Existen dos tipos básicos de pruebas: carga constante o carga variable. El método consiste en tomar lecturas del descenso del nivel de agua en el anillo interior. Cuando se consigue que la tasa de la infiltración sea constante, la prueba se termina. (César Alvarado Batres et al 2017).

El tiempo requerido para lograr la estabilidad el estado generalmente aumenta con la textura fina del suelo y disminuye con los suelos más grueso (Biplab Ghosh et al 2019).

Si bien los dos cilindros se llenan con agua, sólo en el interior se practican las mediciones de descenso del agua infiltrada a través del tiempo. El cilindro externo “obliga” a que la columna que se mide infiltre verticalmente. (Pera Williams 2010)



Figura 3 Infiltrómetro de anillo

Fuente: propia

Internet de las cosas

La progresión de Internet de las cosas (IoT) ha culminado con la simple comunicación de objetos hacia objetos inteligentes (Nancy Gulati et al 2019). (IoT) representa la evolución de Internet, que será un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría. (Dave Evans, 2011), representar una red que conecta objetos físicos del día a día con internet. (Nancy Gulati Pankaj Deep Kaur, 2019), El IoT ha brindado nuevas oportunidades en el campo de la tecnología al tiempo que presenta varios desafíos a un mayor nivel de preocupación (Jeretta Horn Nord et al 2019).

Arquitectura para el internet de las cosas



Figura 4 Arquitectura para internet de las cosas

Fuente: propuesta de arquitectura para internet de las cosas

En la arquitectura para el internet de las cosas el nivel inferior están los dispositivos, que son aquellos que se encuentran en contacto con el mundo físico y permiten, por tanto, obtener datos y ejecutar acciones sobre el mismo. Se debe destacar que la forma en la que se representó la **Capa de Dispositivos**, donde una sección llega directamente a la Capa de Red y otra lo hace a través de la Capa de Gateways, se hizo para transmitir la idea de que existen dispositivos que cuentan con la capacidad de conectarse directamente a la Capa de Red y otros que requieren un intermediario. La segunda capa de la arquitectura propuesta es **la de Gateways**, cuya función principal es posibilitar la conexión a la Capa de Red, de dispositivos que individualmente no lo pueden hacer, debido a que, por ejemplo, utilizan un protocolo de comunicación que no es compatible con dicha capa. A

continuación, se encuentra la **Capa de Red**, encargada de transportar el tráfico de dispositivos y Gateways hacia o desde la nube o centro de datos. Le sigue la **Capa de Nube / Centro de Datos**, en la cual se procesan los datos que llegan desde los dispositivos, al igual que los comandos que se envían hacia estos, los cuales pueden generarse en la propia Capa de Nube / Centro de Datos o en las demás capas de la arquitectura.

En la cima de la arquitectura está la **Capa de Aplicaciones**, a través de la cual los usuarios interactúan con el ecosistema IoT y sacan provecho de los procesamientos que se realizan, en su mayoría, en la capa inferior. Por último, se encuentran las **Capas de Gestión y de Seguridad**, si bien esta última es parte de la gestión en toda red, en el caso de IoT se hace necesario separarla para destacar su importancia. Estas dos capas garantizan un correcto funcionamiento de cualquier solución IoT, así como la protección de sus diferentes recursos, para lo cual, están presentes en las demás capas de la arquitectura, por lo que en cualquiera de estas pueden encontrarse funciones de las Capas de Gestión y Seguridad. (David Benítez Machado, Caridad Anías Calderón y Lieter Plasencia Moreno 2016).

Arduino



Figura 5 Arduino

Fuente: naylampmechatronics.com

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida: activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Puede decirle a su placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento. (Arduino.cc 2019).

Raspberry Pi

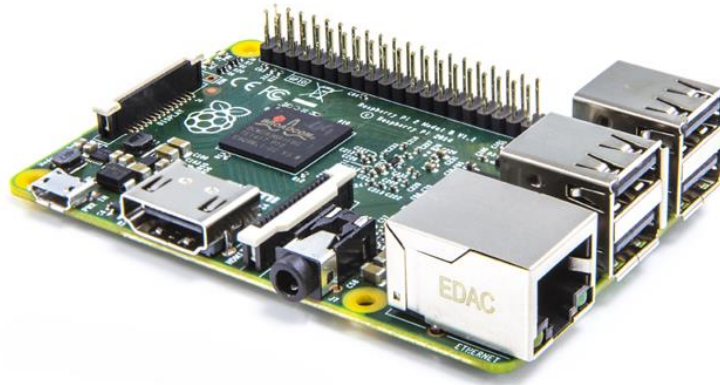


Figura 6 Raspberry Pi

Fuente: www.programoergosum.co

Raspberry Pi es un mini ordenador de pequeñas dimensiones y precio destinado principalmente al desarrollo de pequeños prototipos y a estimular la enseñanza de las ciencias de la computación en los centros educativos. Desarrollado en hardware libre cuenta con sistemas operativos GNU/Linux como Raspbian aunque podemos encontrar otros sistemas operativos optimizados para el hardware de la Raspberry Pi (Asociación Programo Ergo Sum, 2019).

Sensor Ultrasonido



Figura 7 Sensor de ultrasonido US-100

Fuente www.electrontools.co

Permite medir distancias sin realizar contacto físico, este tipo de dispositivo nos permite realizar una medición desde 2cm hasta 200cm aproximadamente. En robótica es muy útil para realizar la detección de obstáculos y poder tomar una decisión luego de ser detectado. (Cristian Veloso 2016).

Sensor GSM



Figura 8 Shield Arduino GSM/GPRS

Fuente store.prometec.net

Shield Arduino GSM/GPRS para comunicación a través de las redes de telefonía móvil. La cobertura de las redes de telefonía móvil ha crecido espectacularmente en los últimos años y este shield nos permite sacar partido de ello, pues nos permite conectar con ellas y transmitir y recibir mensajes SMS y llamadas de voz, así como conectar a la red TCP/IP de internet desde casi cualquier punto aislado. (Prometec.net 2019).

Bootstrap

Es un framework CSS y Javascript diseñado para la creación de interfaces limpias y con un diseño responsive. Además, ofrece un amplio abanico de herramientas y funciones, de manera que los usuarios pueden crear prácticamente cualquier tipo de sitio web haciendo uso de los mismos.

Actualmente, Bootstrap es una de las alternativas más populares a la hora de desarrollar tanto sitios webs como aplicaciones. Una de las principales ventajas que ofrece es que permite la creación de sitios y apps 100% adaptables a cualquier tipo de dispositivo. Una cuestión de suma importancia teniendo en cuenta que a día de hoy son cada vez más los usuarios que acceden a Internet a través de sus teléfonos y tabletas. (axarnet.es 2017).

Php

PHP (acrónimo recursivo de *PHP: Hypertext Preprocessor*) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML (php.net, s.t).

MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto (RDBMS, por sus siglas en inglés) con un modelo cliente-servidor. (hostinger.co 2019).

Base de datos

Una base de datos es un lugar en el que los datos son almacenados y organizados. La palabra “relacional” significa que los datos almacenados en el conjunto de datos son

organizados en forma de tablas. Cada tabla se relaciona de alguna manera. Si el software no es compatible con el modelo de datos relacionales, simplemente se llama DBMS.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se asocia al tipo de **investigación descriptiva** tiene como objeto la descripción precisa del evento de estudio. Este tipo de investigación se asocia al diagnóstico, que busca aportar en la seguridad y confiabilidad de la toma de datos en el proceso de infiltración del agua en el suelo.

Su propósito se basa en exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, de modo tal que en los resultados se pueden obtener dos niveles, dependiendo del fenómeno y del propósito del investigador:

Nivel más elemental: se logra una clasificación de la información en función de características comunes.

Nivel más sofisticado: se ponen en relación los elementos observados a fin de obtener una descripción más detallada.

“Este tipo de investigación, la indagación va dirigida a responder las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo, cuántos” (Borderleau, 1997).

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de estudio en este proyecto se enfoca en la universidad de Córdoba, dirigido al área de hidrocencias de la misma, para facilitar y precisar el proceso de infiltración que realizan los estudiantes de ingeniería agronómica y demás programas que lo requieran. La muestra prioritaria de este proyecto va dirigida a los a los datos recolectados durante las pruebas funcionales realizadas durante el avance del proyecto.

Como principales fuentes de información utilizadas en la elaboración de este proyecto pueden señalarse de dos tipos: en relación con el diseño del dispositivo, en cuanto a hardware y software necesario, y otro; con teoría relacionada con la tasa infiltración y su importancia en el contexto agrícola.

Para este proyecto usamos como herramientas de desarrollo software para Arduino el IDE de desarrollo oficial bajo el lenguaje Programing. En cuanto a la plataforma web, se empleará los framwork de diseño bootstrap-, fue requerida la base de datos de MySQL para registrar los datos requeridos.

4.3 FASES DEL PROYECTO

4.3.1 FASE I Investigación Documental

En la fase inicial de la investigación se recolectó la información pertinente al proceso de infiltración del agua en suelo, específicamente del proceso realizado en la Universidad de Córdoba, dirigidos al área de hidrociencias. La información fue facilitada por los directivos de la faculta de Agronomía, como el Ingeniero Teovaldis Mercado.

Como fuente de información también fueron aprovechador diferentes repositorios de divulgación científica, accediendo a artículos e investigaciones relacionadas, tesis y libros publicados.

El análisis de la información permitió adquirir las bases necesarias y fundamentales para realizar un esquema inicial a la aplicación que diera solución a la problemática planteada. Para presentar la propuesta se investigó si existen dispositivos automáticos que permitieran la captura de datos durante el proceso de infiltración del agua en el suelo.

4.3.2 FASE II Diseño Del Software

Esta fase se define las herramientas de hardware y software necesarias para la fabricación del dispositivo electrónico que permita la captura de datos durante el proceso de infiltración del agua en el suelo de manera automatizada y la visualización de los datos capturados desde una aplicación web.

La representación de las funcionalidades del sistema se realiza a través de los esquemas y diagramas necesarios como son los casos de uso, diagrama de actividades, diagrama de secuencia, diagrama de clases.

Realizando un diseño de arquitectura de software y hardware, permitiendo la comunicación por medio de la tecnología Iot (Internet de las cosas).

4.3.3 FASE III Desarrollo Del Software y Hardware

En la fase de desarrollo se ejecutaron los esquemas elaborados en la fase de diseño, permitiendo la construcción del dispositivo que cumpliera con las funciones requeridas. El dispositivo fue programado utilizando herramientas de desarrollo software para python ejecutándose en un entorno basado en Linux. Usando un sensor ultrasónico para toma de las medidas y un módulo GSM/GPRS para permitir la conexión a internet.

En el área de software se desarrolló una aplicación con las condiciones planteadas en el diseño y cumpliendo con la funcionalidad requerida, la cual permitiría la visualización de los datos capturados por el dispositivo. En el proceso de programación se utilizó el lenguaje php y JavaScript. Para la interfaz gráfica se usó el framework bootstrap y para el manejo de datos se realizó la conexión a la base de datos MySQL a través del servidor XAMPP mediante php.

5. DESARROLLO DEL SISTEMA

5.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura del infiltrómetro se compone de 4 capas: capa física de detección, capa de comunicación, capa de persistencia y capa de interfaz de usuario.

5.1.1 Capa física de detección

En la capa física de detección se encuentra la capa de medición, capa de procesamiento y capa de envío de datos. En la capa de medición se encuentra un sensor de distancia por ultrasonidos hc-sr04 el cual por orden de la raspberry en la capa de procesamiento envía un pulso de onda ultrasónica de la cual se espera el retorno del eco. El sensor de distancia lo registra y envía la señal a la capa de procesamiento. La comunicación entre la capa de medición y la capa de procesamiento se realiza mediante conexión directa utilizando una señal por PWM (Pulse Width Modulation).

Una vez recibidos los datos en la raspberry, serán procesados y enviados mediante una conexión serial UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) hasta el módulo Sim800l dedicado al envío y recepción de paquetes bajo el protocolo GSM (Global System for Mobile communications) presente en la capa de envío de datos.

5.1.2 Capa de comunicación

La capa de comunicación utiliza las tecnologías móviles de redes GSM para la interconexión. Para el transporte de los datos se utilizan las tecnologías del protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Este protocolo requiere de un servicio externo llamado Broker () y en este caso se utilizan los servicios

gratuitos del bróker de la fundación Eclipse. Una vez recibidos los datos en el bróker este inmediatamente los enviará a los subscriptores.

5.1.3 Capa de persistencia

Interviene la capa persistencia que opera en los servidores virtuales de Google Cloud Platform. La máquina virtual funciona bajo la distribución de Linux/GNU Debian Stretch en su versión 9. En esta capa hay existen tres subcapas: capa de recepción de datos del bróker, la capa de datos y la capa de dominio. La capa de recepción de datos del bróker se encarga de recibir los datos desde el bróker y procesarlos utilizando python 3, donde serán enviados a la capa de datos para luego ser almacenados en la base de datos que se soporta en las tecnologías de MySQL. La capa de dominio se encarga de ofrecer al cliente los servicios del aplicativo web que usa como base el lenguaje de pre-procesamiento php en su versión 7.2 y apache para su distribución.

5.1.4 Capa de interfaz de usuario

La capa de aplicación puede funcionar con un navegador web corriente. Este es el cliente y puede acceder desde cualquier dispositivo que permita la navegación web.



Figura 9 Arquitectura del sistema

Fuente: Fuente propia

5.2 DISEÑO DEL SISTEMA

El objetivo del proceso de Diseño del Sistema de Información (DSI) es la definición de la arquitectura del sistema y del entorno tecnológico que le va a dar soporte, junto con la especificación detallada de los componentes del sistema de información.

(manuel.cillero.es, s.t).

5.2.1 Diseño arquitectónico del dispositivo

El diseño arquitectónico se definen los implementos electrónicos para el desarrollo del dispositivo, cumpliendo con los requerimientos necesarios para el optimo funcionamiento.

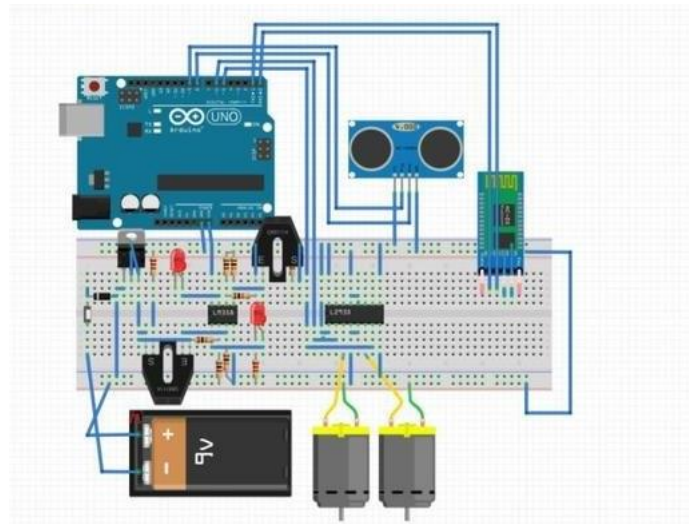


Figura 10 modelo arquitectónico

Fuente: Fuente propia

Al definir la estructura operacional del dispositivo, por medio de la arquitectura del hardware. Se logra definir los errores al momento de implementación y la realización de pruebas funcionales.

5.2.1 Modelo Relacional

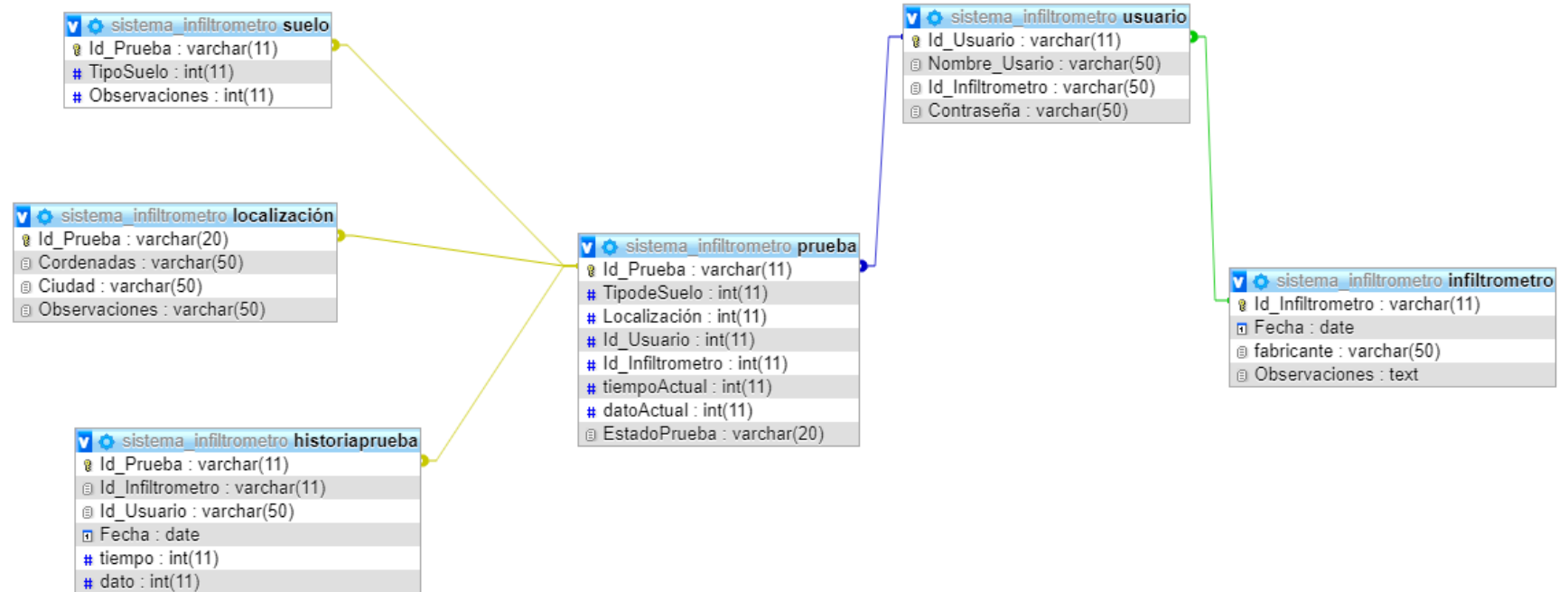


Figura 11 modelo relacional del sistema

Fuente: Fuente propia

5.3 DIAGRAMAS UML

5.3.1 Diagrama De Clases

Este diagrama nos permite visualizar las relaciones entre cada una de las clases, en este caso es importante resaltar que la clase principal son las **Prueba_en_curso** ya que es donde se genera los datos dependientes del resto del sistema.

La clase **Registro_Usuario** depende de **Infiltrómetro** puesto que el usuario al realizar el registro debe contar con el *Id_Inficor*.

La clase **Prueba** es dependiente de **HistorialPrueba**, ya que debe existir el registro previo del *Id_Prueba*, para visualizar los datos generales de la **Prueba**.

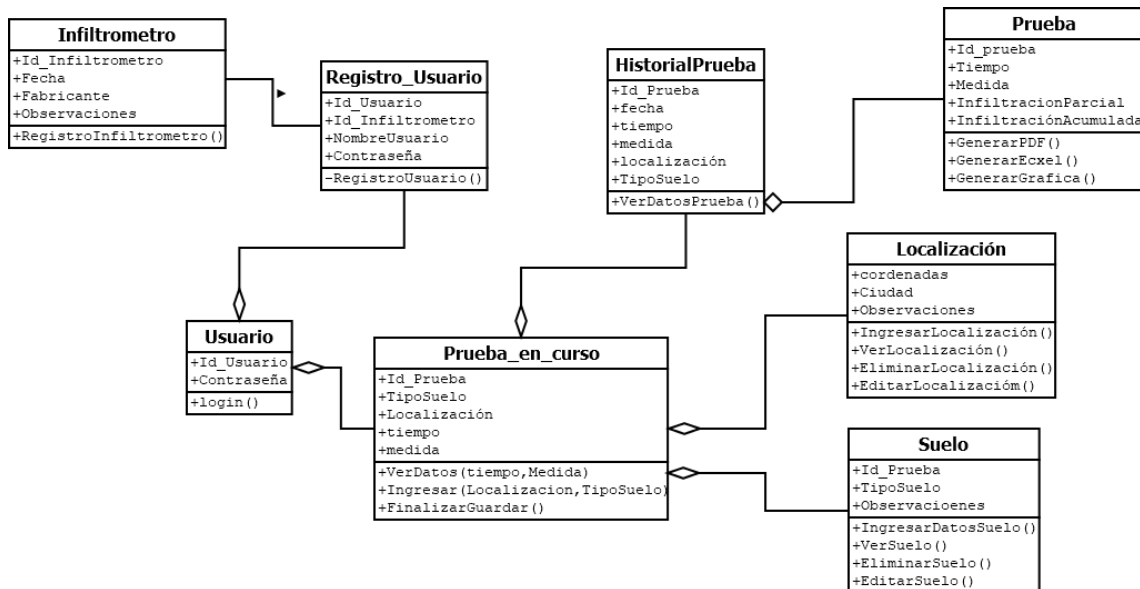


Figura 12 Diagrama de Clases

Fuente: Fuente propia

5.3.2 Casos De Uso

Actores del sistema

Tabla 2. Actores del sistema

Fuente: Fuente propia




Id Actor	Nombre	Descripción	Representación grafica
Actor-01	Administrador	Este actor es el encargado de administrar el sistema de software.	 Administrador
Actor-02	Usuario	Este actor es el encargado de manipular el infiltrómetro, he ingresar al sistema de software y visualizar los datos capturados por el infiltrómetro.	 Usuario
Actor-03	Dispositivo	Este actor es el encargado de capturar y administrar los datos de durante el proceso de infiltración.	 Dispositivo

Diagrama casos de uso general

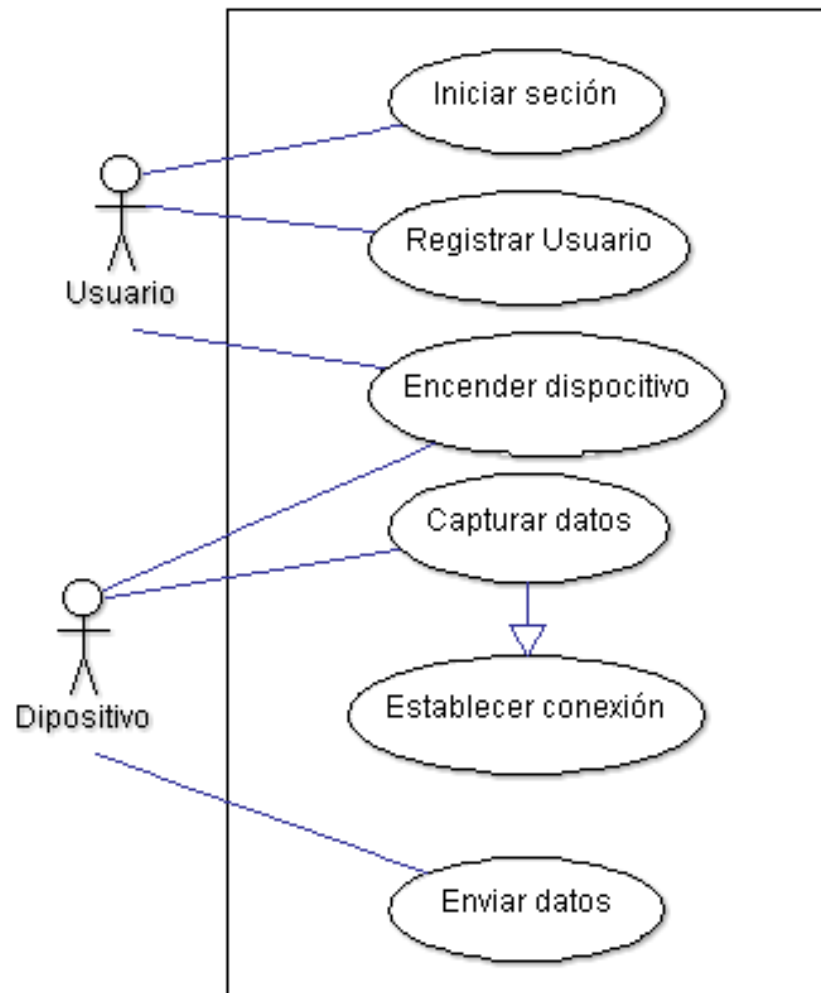


Figura 13 Diagrama caso de uso general

Fuente: Fuente propia

Diagrama caso de uso registro de usuario

En el diagrama se describe el registro del usuario en el sistema

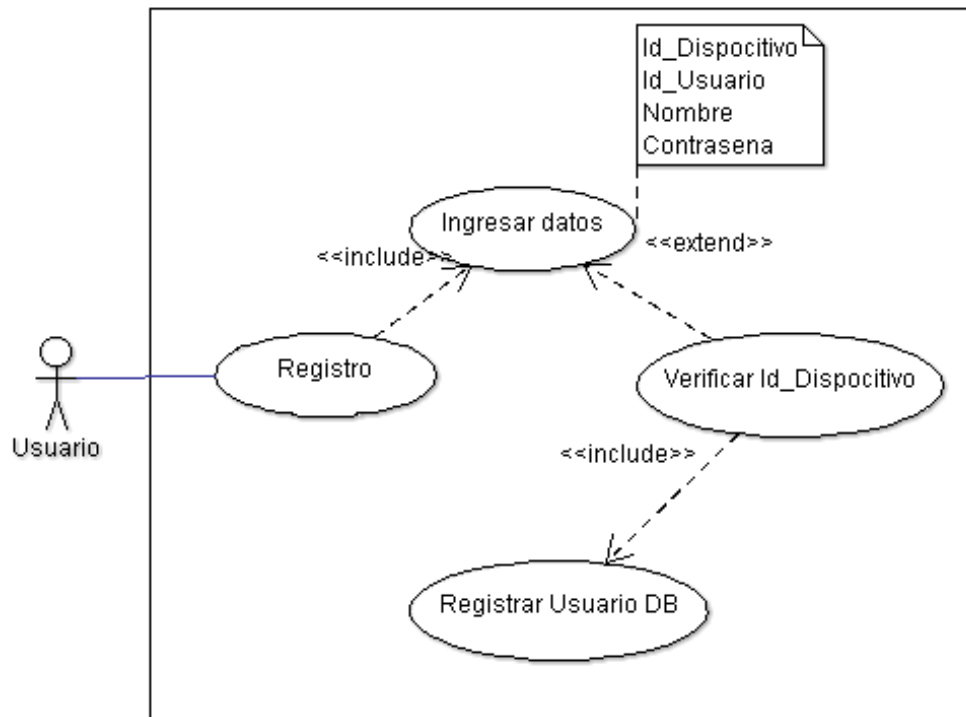


Figura 14 Diagrama caso de uso registro de usuario

Fuente: Fuente propia

Tabla 3. Registro de Usuario

Fuente: Fuente propia

CU- 001	Registro de Usuario	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer un conjunto de acciones para registrar un nuevo usuario	
Precondición	Datos del Usuario a registrar.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema comenzar el proceso Registrar Usuario.
	2	El sistema despliega el de registro de Usuario.
	3	El Actor digita los datos del Usuario.
	4	El Actor digita los el código del dispositivo
	5	El Actor selecciona finalizar registro
	6	El sistema valida los datos ingresados
	7	El Sistema confirma el registro del usuario.
Postcondición	El Usuario queda registrado en el Sistema	
Excepciones	Paso	Acción
	6	Si la Información tiene campos vacíos, el Sistema reiniciara el proceso de registro
	7	Si el código del dispositivo no coincide con los registrados en la base de datos, el sistema no registrara el nuevo usuario

Diagrama casos de uso Inicio de sesión

En el diagrama se describe el inicio de sesión de los usuarios registrados en el sistema

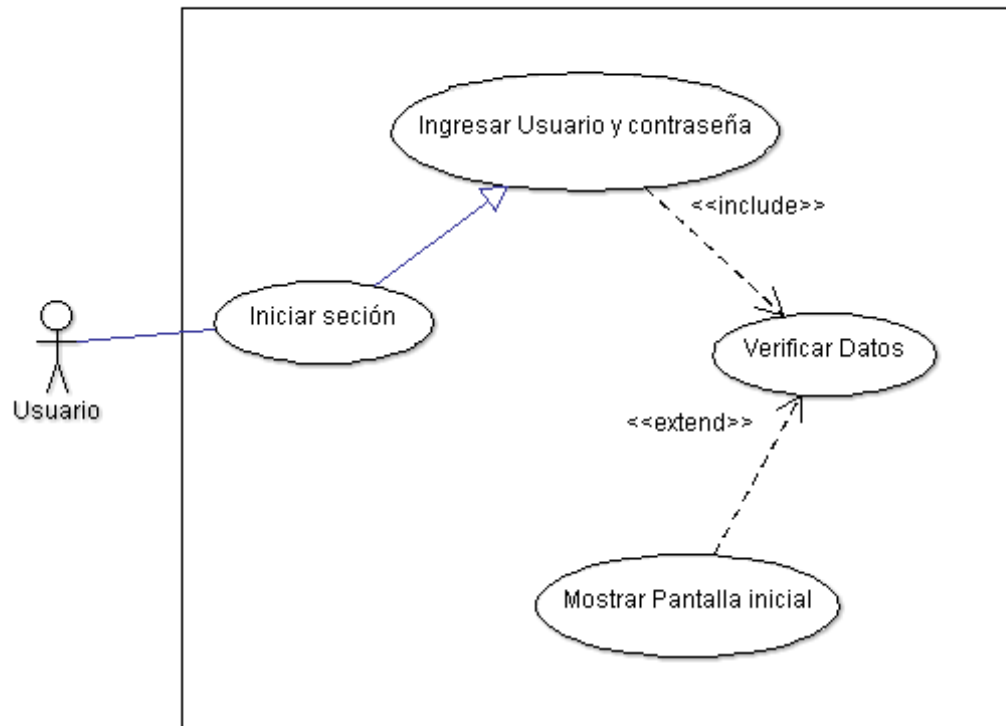


Figura 15 Diagrama caso de uso inicio de sesión

Fuente: Fuente propia

Tabla 4. Descripción del caso de uso inicio de sesión

Fuente: Fuente propia

CU- 002	Iniciar Sesión	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso para ingresar al sistema.	
Precondición	Ingreso de usuario y contraseña registrados en el sistema	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema comenzar el proceso Iniciar Sesión.
	2	El sistema despliega el formulario de inicio de Sesión
	3	El usuario digita usuario
	4	El usuario digita contraseña
	5	El sistema valida los datos digitados con los que se encuentran registrados en el sistema
		El sistema accede a la interfaz de inicio del sistema
Postcondición	El Actor accede al Sistema	
	Paso	Acción

Excepciones	4	Si el usuario y contraseña no se encuentran registrados el sistema reinicia la solicitud y no ingresa al sistema
--------------------	---	--

Diagrama casos de uso historial de pruebas

En el diagrama se describe el ingreso al sistema para visualizar las pruebas registradas en la base de datos.

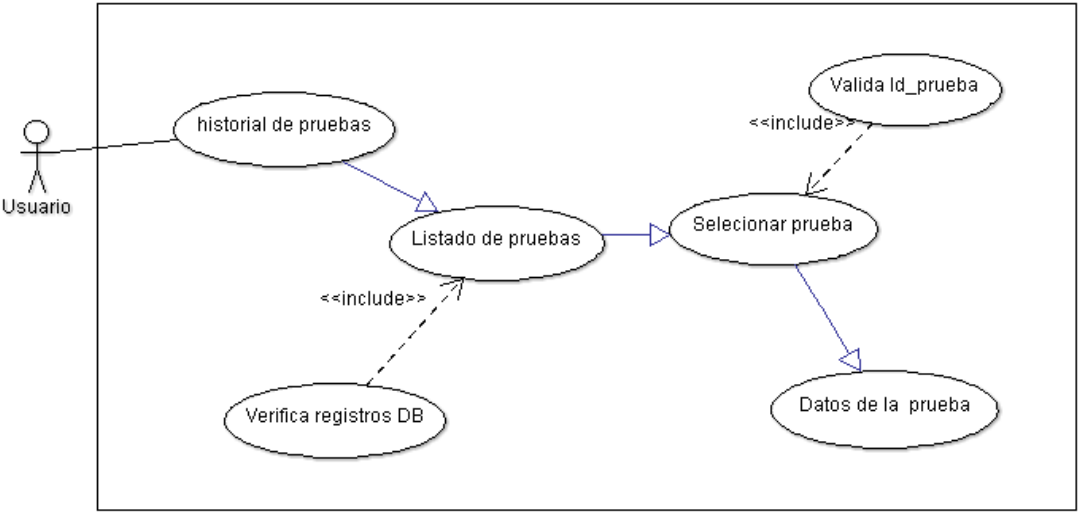


Figura 16 Diagrama caso de uso historial de pruebas

Fuente: Fuente propia

Tabla 5. Descripción del caso de uso Historial de pruebas

Fuente: Fuente propia

CU- 003	Historial de pruebas	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso, después acceder al sistema y seleccionar el historial de informes	
Precondición	Ver informe registrados en el sistema.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema ver historial de pruebas
	2	El sistema verifica los registros del historial de pruebas
	3	El sistema despliega la lista de pruebas registrados en el sistema
	4	El usuario selecciona el informe que desea visualizar
	5	El sistema valida el código de la prueba
	6	El sistema despliega los datos registrados de la prueba seleccionada
Postcondición	El Actor accede al Sistema	
	Paso	Acción

Excepciones	4	Si no se encuentran informes registrados en el sistema, el sistema generara un mensaje de alerta “NO SE ENCUANTRAN PRUEBAS REGISTRADAS”
--------------------	---	---

Diagrama casos de uso Ingreso Prueba en curso

En el diagrama se describe en ingreso al sistema para visualizar los datos de la prueba que se está realizando con el infiltrómetro

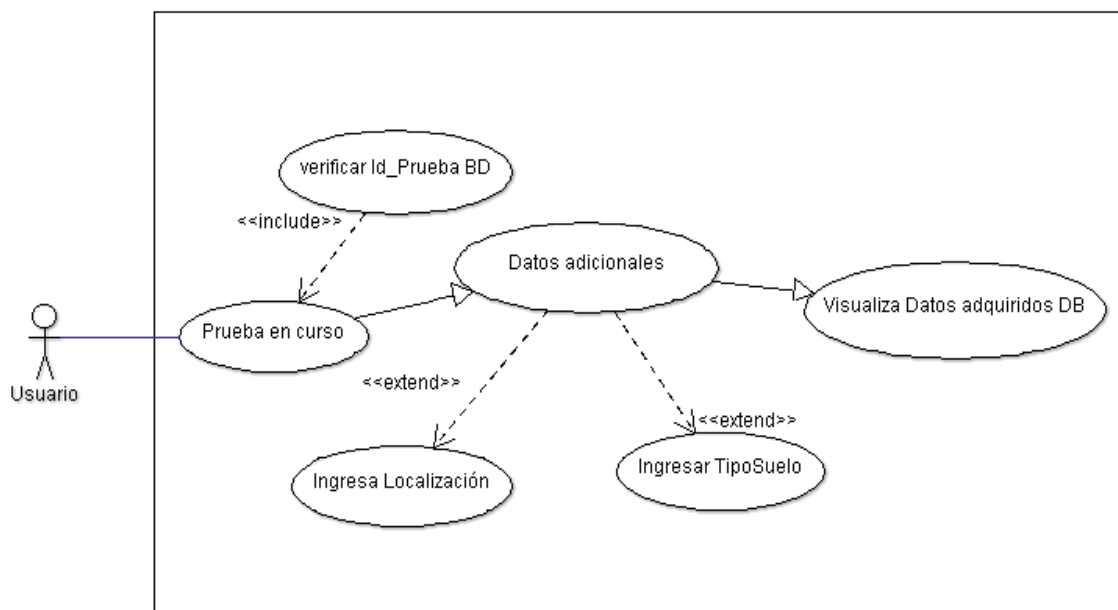


Figura 17 Diagrama caso de uso Prueba en curso

Fuente: Fuente propia

Tabla 6. Descripción del caso de uso prueba en curso

Fuente: Fuente propia

CU- 004	Prueba en curso	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso, después acceder al sistema y seleccionar prueba en curso	
Precondición	Ver datos capturados durante la prueba en curso	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema ver prueba en curso
	2	El sistema valida el código de la prueba
	3	El usuario ingresa datos adicionales (tipo de suelo y localización)
	4	El sistema despliega los datos capturados durante la prueba en curso
Postcondición	El Actor accede al Sistema	
Excepciones	Paso	Acción
	4	Si no se encuentra código de la prueba en cursa, el sistema muestra un mensaje de alerta “NO SE ENCONTRO PRUEBA”

Diagrama casos de uso: infiltración con dispositivo

En el diagrama se describe de instalación del infiltrómetro para la adquisición de datos del proceso de infiltración

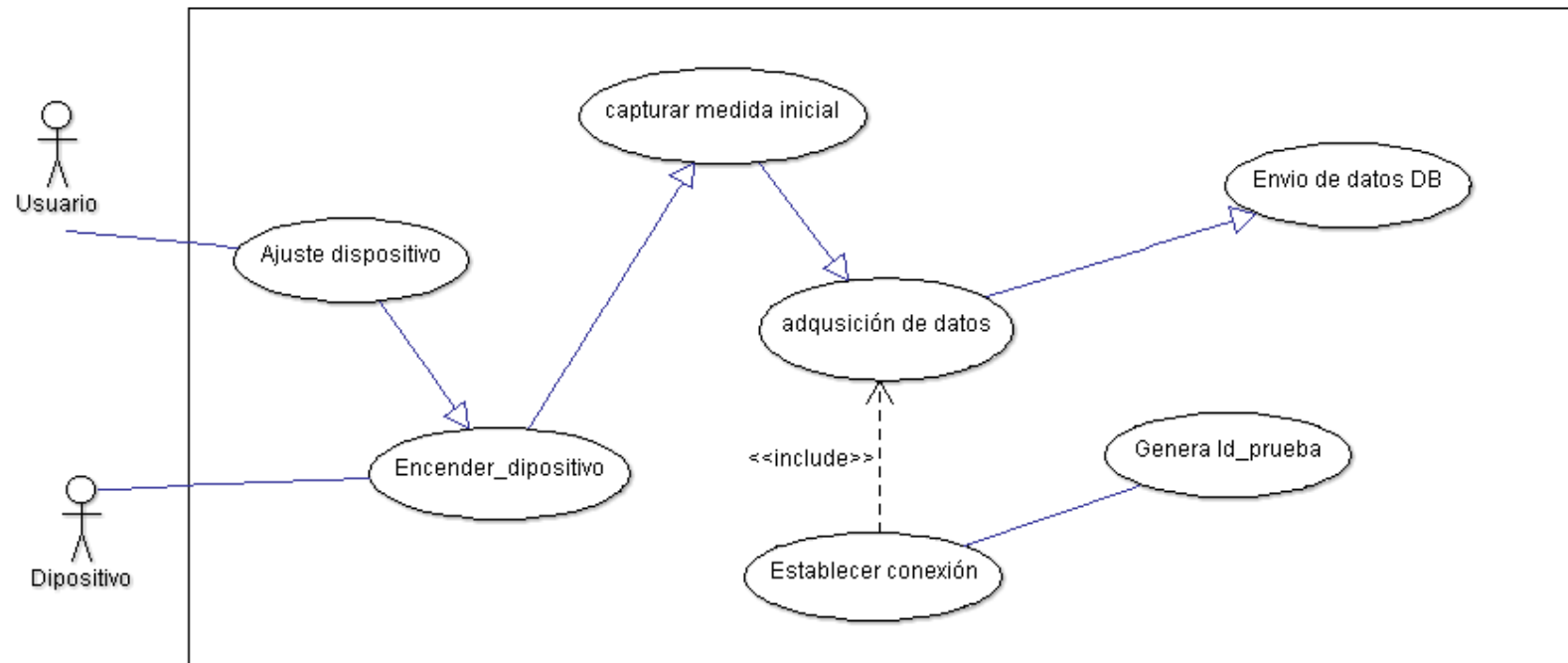


Figura 18 Diagrama caso de uso infiltración con dispositivo

Fuente: Fuente propia

Tabla 7. Descripción del caso de uso infiltración con dispositivo

Fuente: Fuente propia

CU- 005	Infiltración con infiltrómetro	
Actor	Usuario, dispositivo	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso, para el cumplimiento de las funciones del dispositivo	
Precondición	tomar los datos de la prueba de infiltración	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario ajusta el dispositivo
	2	El usuario oprime el botón para encender el dispositivo.
	3	El dispositivo enciende
	3	El usuario oprime el botón para capturar medida inicial
	5	El usuario oprime el botón para empezar la adquisición de datos por medio del dispositivo
	7	El dispositivo establece la conexión y genera el id_prueba de la prueba en curso
		El dispositivo envía los datos capturados a la base de datos
Postcondición	No se establece conexión de red	
	Paso	Acción

Excepciones	4	Si no se estable conexión de red los datos continuaran capturando y se enviarian al momento de la conexión
--------------------	---	--

Diagrama casos de uso Ingreso localizaciones usadas en pruebas

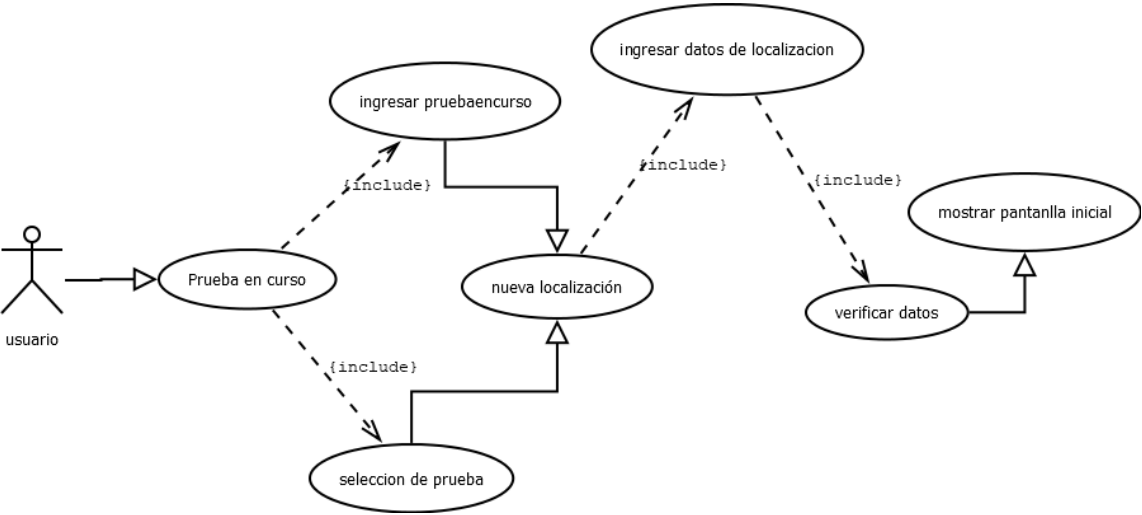


Figura 19 Registro de localización

Fuente: Fuente propia

Tabla 8. Descripción del caso de uso Registro de localización

Fuente: Fuente propia

CU- 006	Registro de localización	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso, después acceder al sistema, seleccionar prueba en curso y registrar localización.	
Precondición	Ingresar datos de localización	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema comenzar el proceso para el registro de localización
	2	El usuario despliega formulario para ingreso de los datos de localización.
	3	El usuario ingresa lugar de realización de las pruebas
	3	El sistema ingresa coordenadas del lugar de la prueba
	5	El Usuario Ingresa las observaciones pertinentes a la localización
	7	El usuario seleccionar registrar
		La localización registra la localización en la base de datos
Postcondición	La localización queda registrada en el sistema	

Excepciones	Paso	Acción
	4	Si la localización ya se encuentra registrada en el sistema no registra nuevamente

Diagrama casos de uso Ingreso tipo de suelo usadas en pruebas

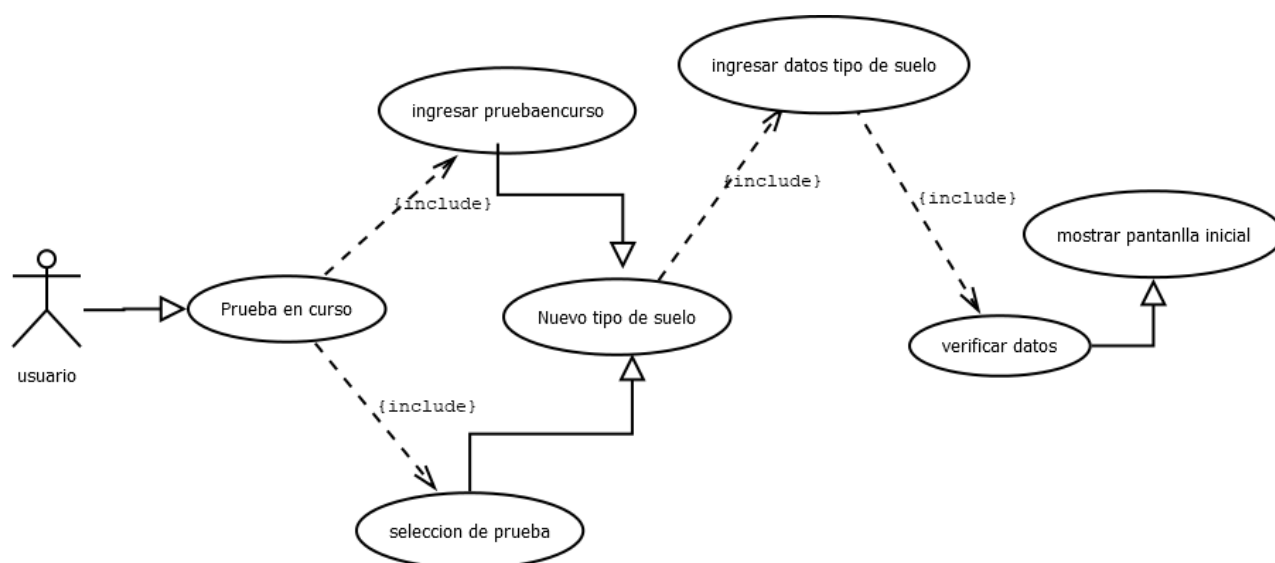


Figura 20 Registro de Suelo

Fuente: Fuente propia

Tabla 8. Registro de Suelo

Fuente: Fuente propia

CU- 007	Registro de localización	
Actor	Usuario	
Descripción	El sistema deberá hacer el conjunto de acciones que se describen en el caso de uso, después acceder al sistema, seleccionar prueba en curso y registrar tipo de suelo.	
Precondición	Ingresar datos del tipo de suelo	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El Actor solicita al sistema comenzar el proceso para el registro de suelo.
	2	El usuario despliega formulario para ingreso de los datos de tipo de suelo
	3	El usuario ingresa el tipo de suelo
	4	El usuario ingresa las observaciones del tipo de suelo
	5	El usuario seleccionar registrar
		El tipo de suelo se registra en la base de datos.
Postcondición	La localización queda registrada en el sistema	
Excepciones	Paso	Acción
	4	No existen restricciones

5.3.3 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

El diagrama de actividades nos permite modelar el comportamiento dinámico del sistema, mostrando el paso a paso de las actividades realizadas a lo largo del proceso, teniendo en cuenta que las actividades son consecutivas y deben cumplir con algunas condiciones para determinar el camino

Diagrama de actividades del Registro de Usuario

Este diagrama registra la secuencia de actividades que son necesarias para realizar para realizar el registro de un nuevo usuario al sistema.

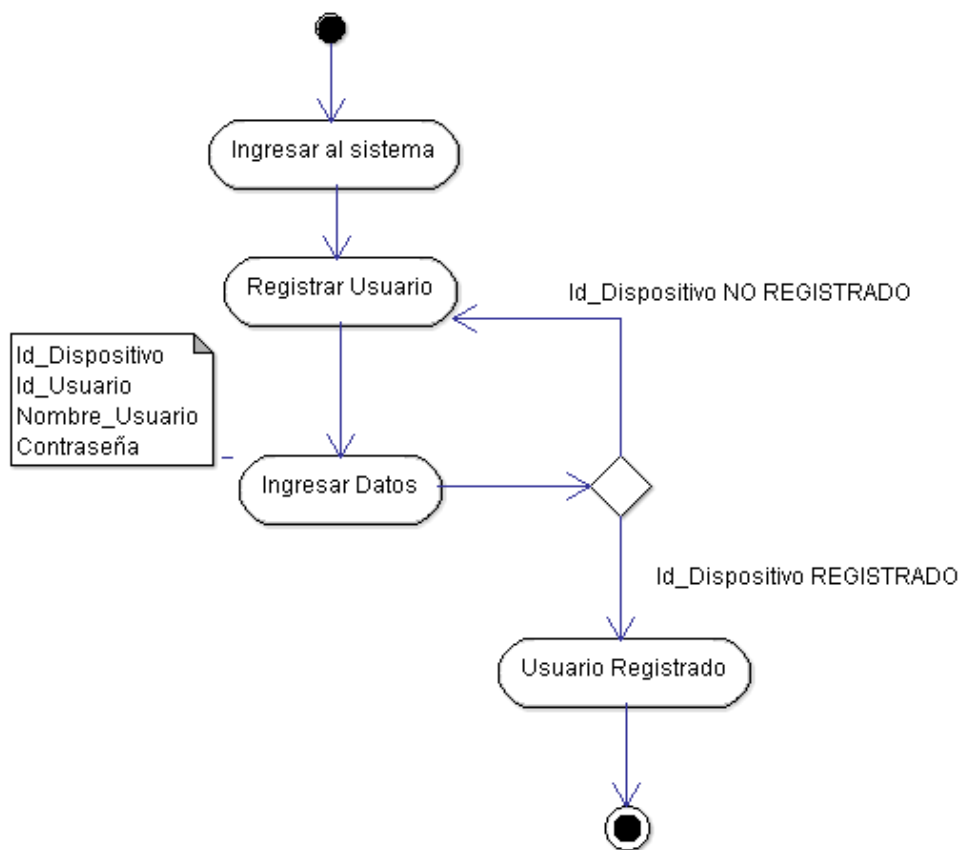


Figura 21 Diagrama de actividades registro de usuario

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades del Inicio de sesión

Este diagrama presenta la secuencia de actividades que es necesaria para Iniciar Sesión en el sistema, ingresando los datos registrados con anterioridad.

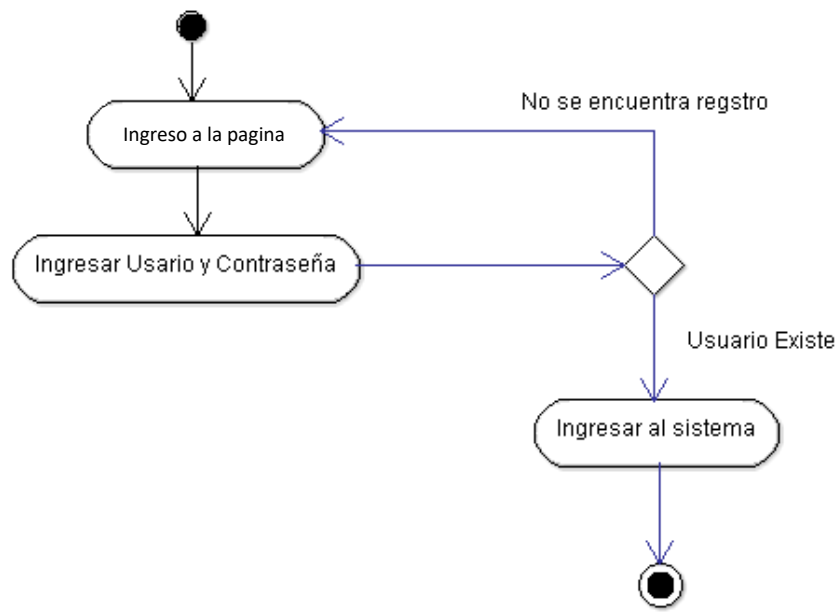


Figura 22 Diagrama de actividades Inicio de sesión

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades del Historial de pruebas

Este diagrama nos muestra las actividades que se deben seguir para observar el listado del historial de pruebas y los datos específicos de la prueba seleccionada en el sistema.

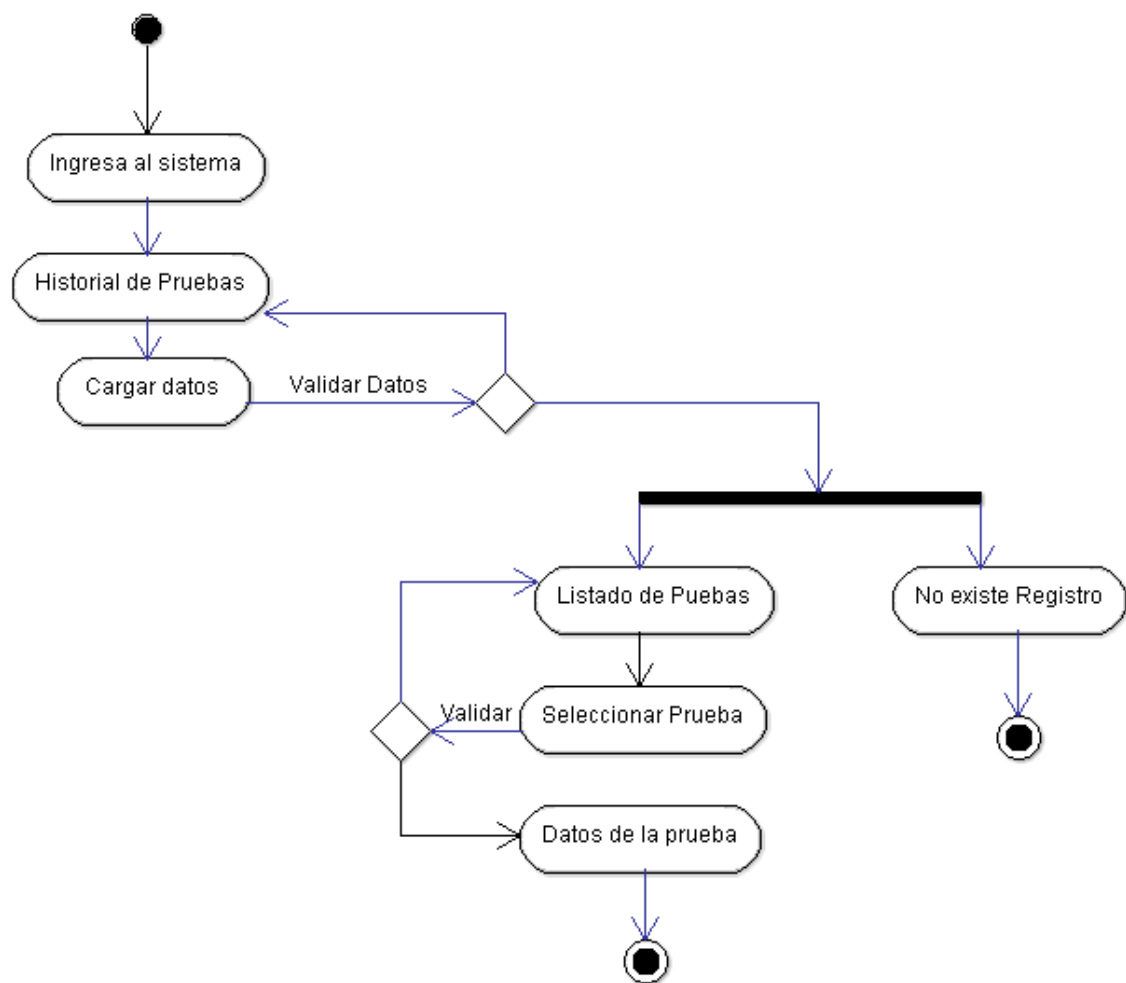


Figura 23 Diagrama de actividades historial de pruebas

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades de prueba de curso

En este diagrama se especifican las que se deben seguir para realizar con el fin de visualizar en el sistema la prueba en curso.

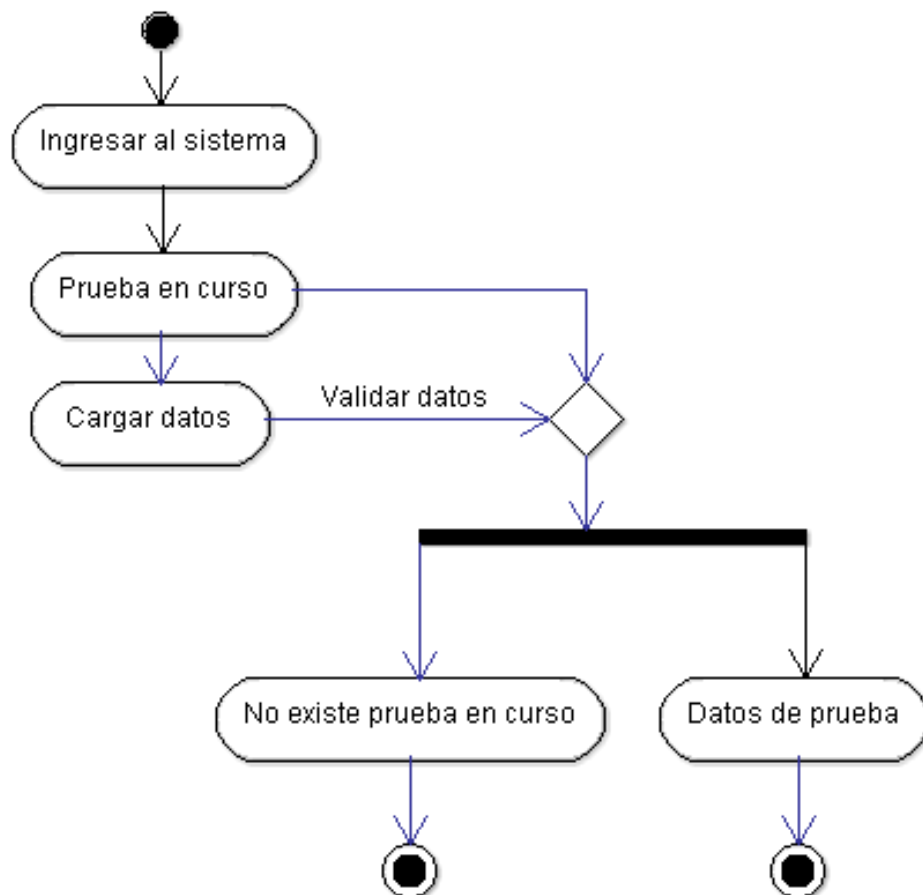


Figura 24 Diagrama de actividades prueba en curso

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades del uso de dispositivo

Este diagrama registra las actividades que se deben seguir secuencialmente, con el fin de obtener los datos de la prueba en el sistema, estas actividades son dependientes en su totalidad del dispositivo electrónico, desde su ajuste hasta la obtención de los datos.

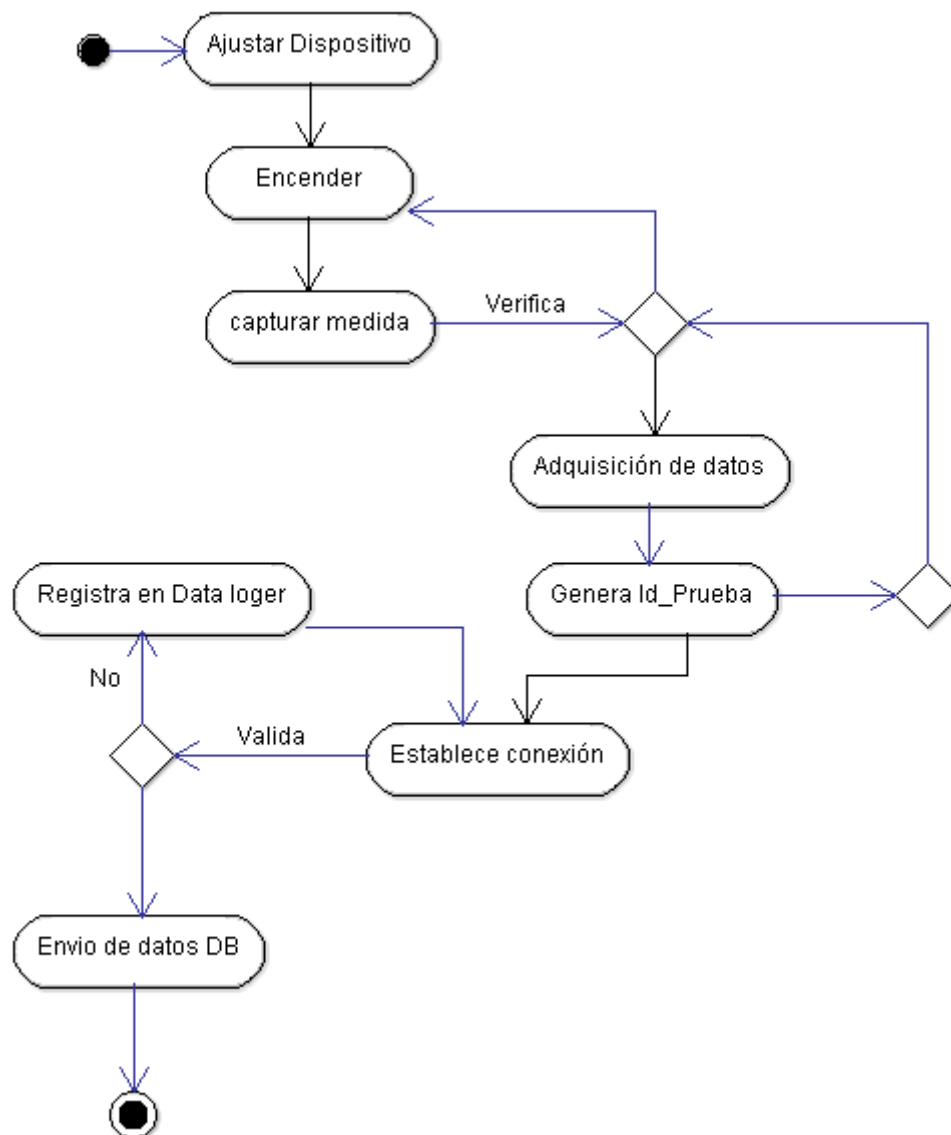


Figura 25 Diagrama de actividades uso del dispositivo

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades localización

En este diagrama se registra las actividades que se deben realizar para el registro de una localización en el sistema, este proceso puede ser realizado desde la prueba seleccionada o directamente de la prueba en curso.

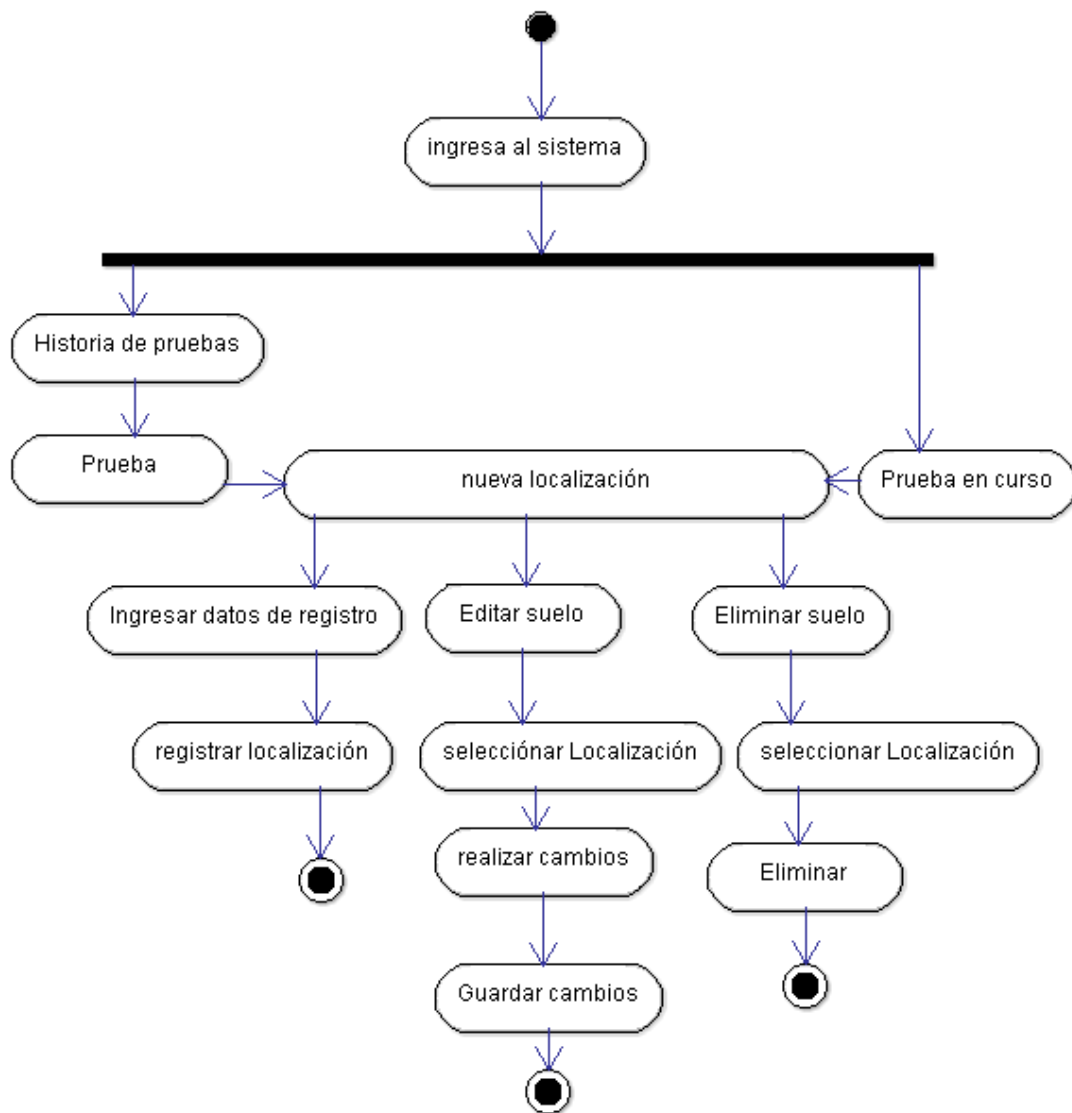


Figura 26 Diagrama de actividades localización

Fuente: Fuente propia

Diagrama de actividades tipo de suelo

En este diagrama se registra las actividades que se deben realizar para el registro de un nuevo tipo de suelo en el sistema, así como eliminarlos y editarlos, este proceso puede ser realizada desde la prueba seleccionada o directamente de la prueba en curso.

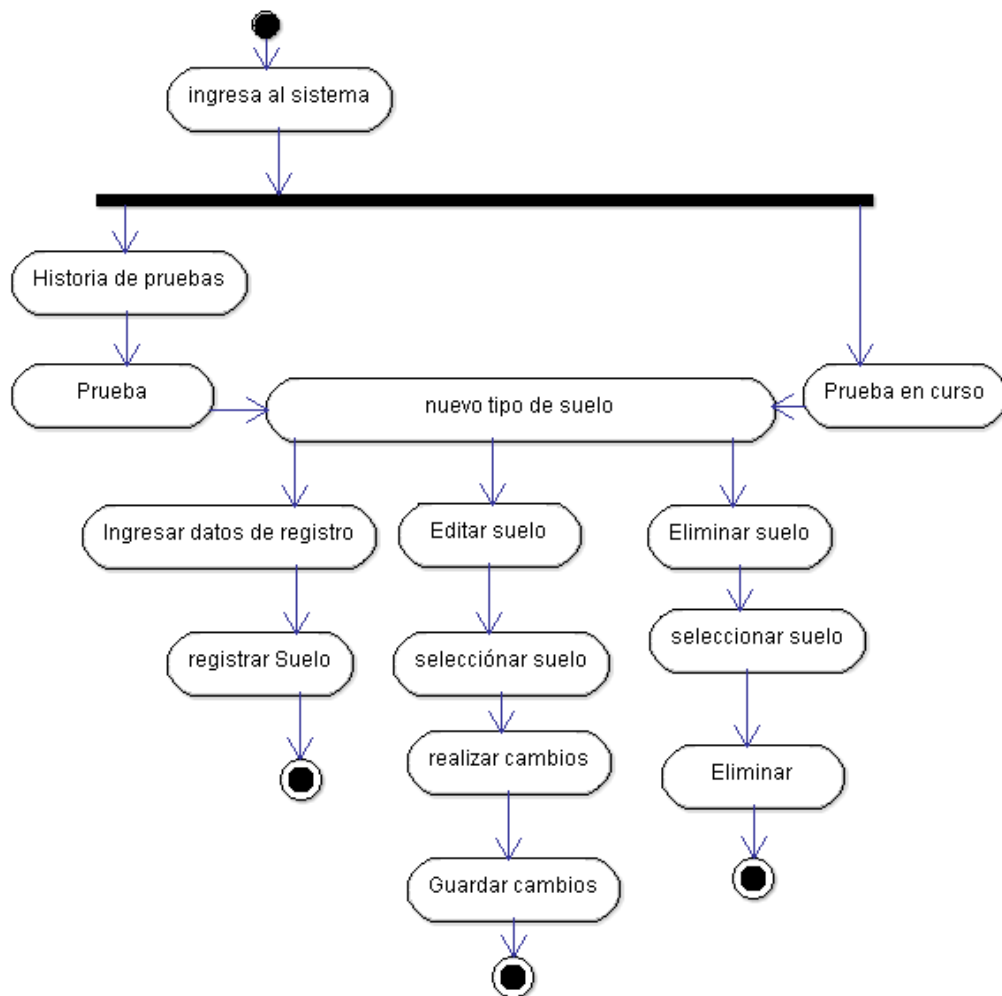


Figura 27 Diagrama de actividades suelo

Fuente: Fuente propia

5.3.4 Diagrama De Secuencias

El diagrama de secuencias permite la interacción entre los objetos del sistema a través del tiempo, realizando un registro de cómo se comunican los objetos entre sí.

Diagrama de secuencias Registro de Usuario

El diagrama muestra la secuencia que se debe realizar para el registro del usuario, se mantiene una comunicación directa entre el sistema y la base de datos.

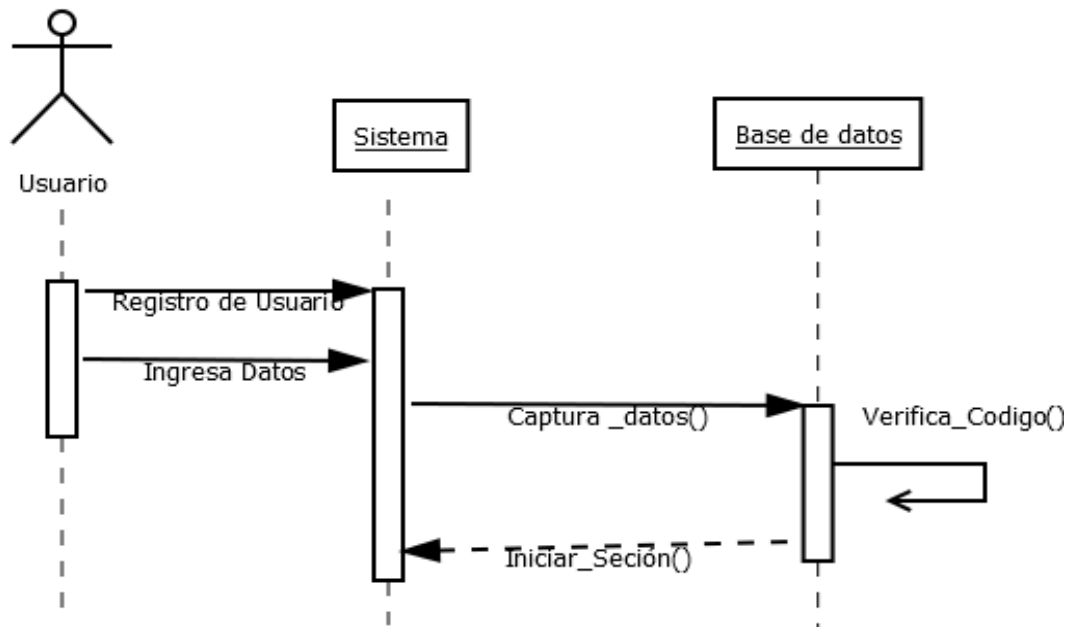


Figura 28 Diagrama de secuencia registro de usuario

Fuente: Fuente propia

Diagrama de secuencia Inicio de sesión

El diagrama describe la secuencia que se sigue para validar el inicio de sesión dentro del sistema, enviando un mensaje para realizar la consulta y validándolo en caso de ser correcto.

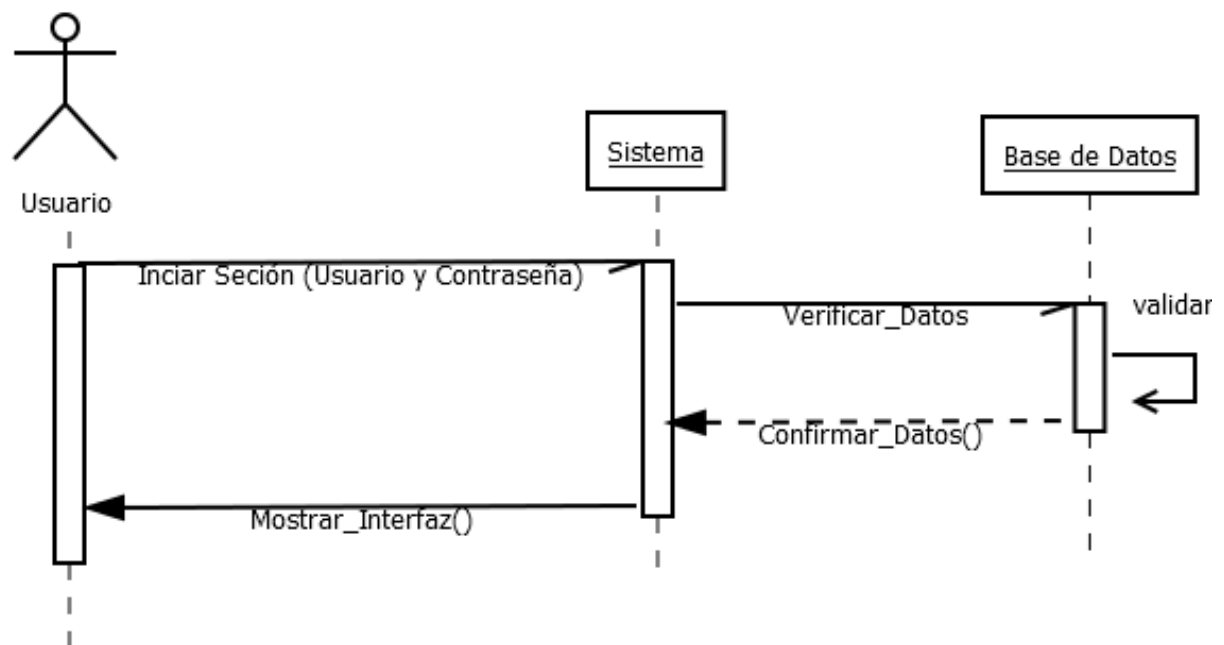


Figura 29 Diagrama de secuencia inicio de sesión

Fuente: Fuente propia

Diagrama de secuencia Historial de Prueba

En este diagrama se visualiza la secuencia que debe ser realizada por el usuario para visualizar el historial de pruebas y seguido a eso los datos de la prueba seleccionada. Debe existir una comunicación directa con la Base de Datos para realizar la consulta y visualizar los datos solicitados en el sistema.

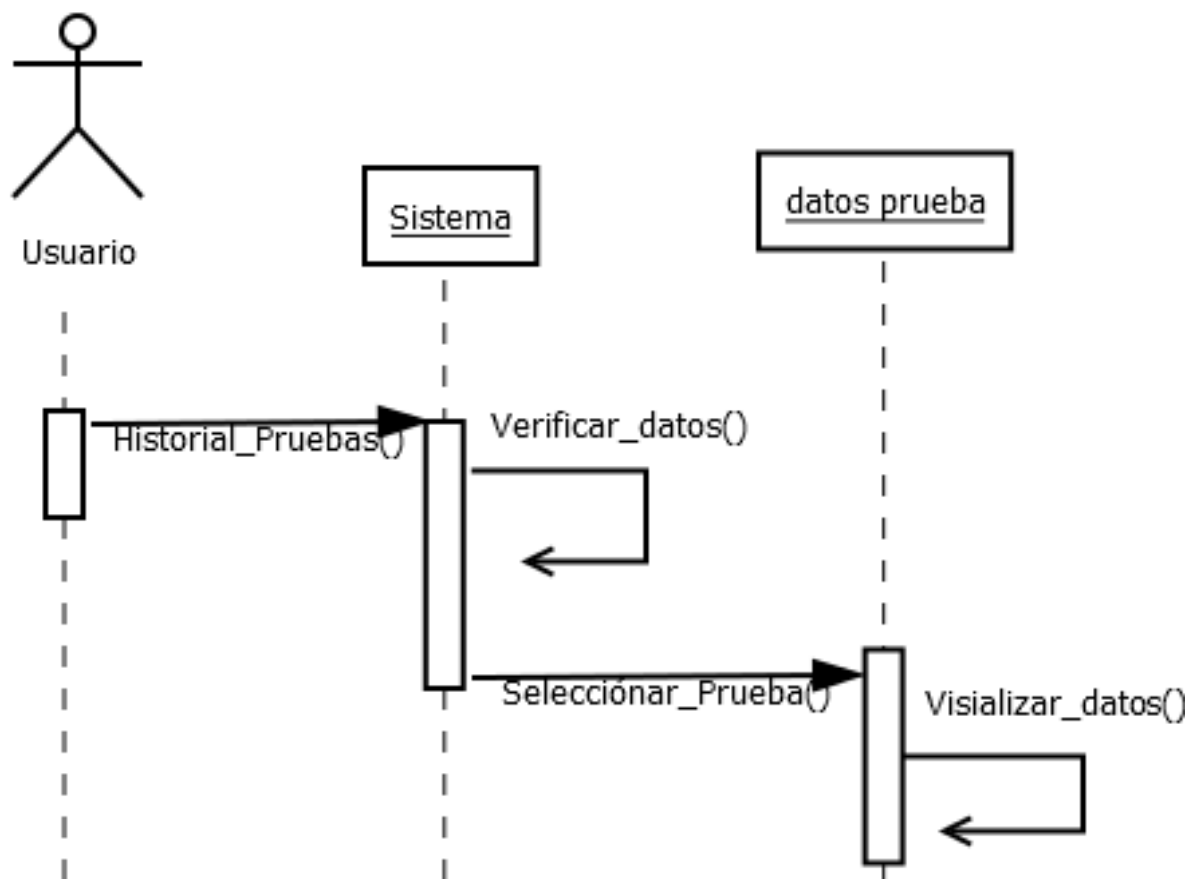


Figura 30 Diagrama de secuencia registro de usuario

Fuente: Fuente propia

Diagrama de secuencia Prueba en Curso

En el diagrama se describe la secuencia que es realizada con el fin de observar los datos de la prueba en curso en el sistema, se envía el mensaje y en caso de que la validación sea correcta el usuario lograra observar los datos.

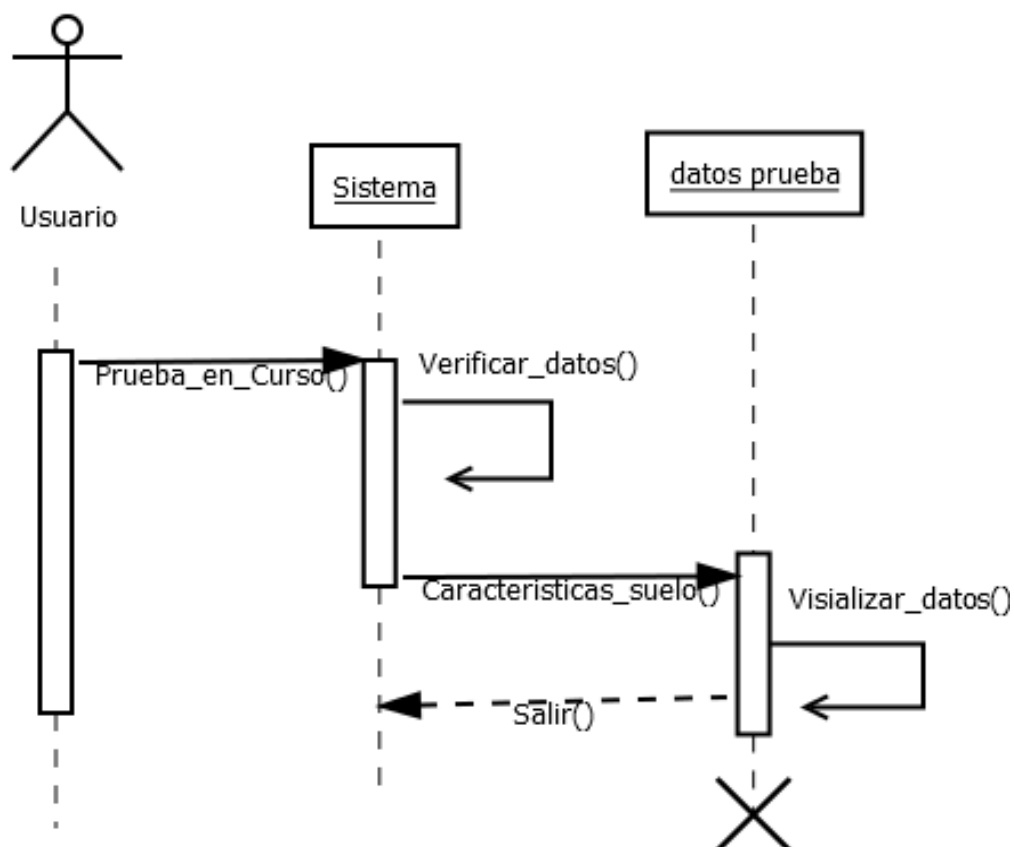


Figura 31 Diagrama de actividades prueba en curso

Fuente: Fuente propia

Diagrama de secuencia uso del dispositivo

En el diagrama se observa la secuencia que se debe seguir y los actores que intervienen para el funcionamiento del dispositivo, obteniendo los datos al final del proceso, los cuales pueden ser observados en el sistema.

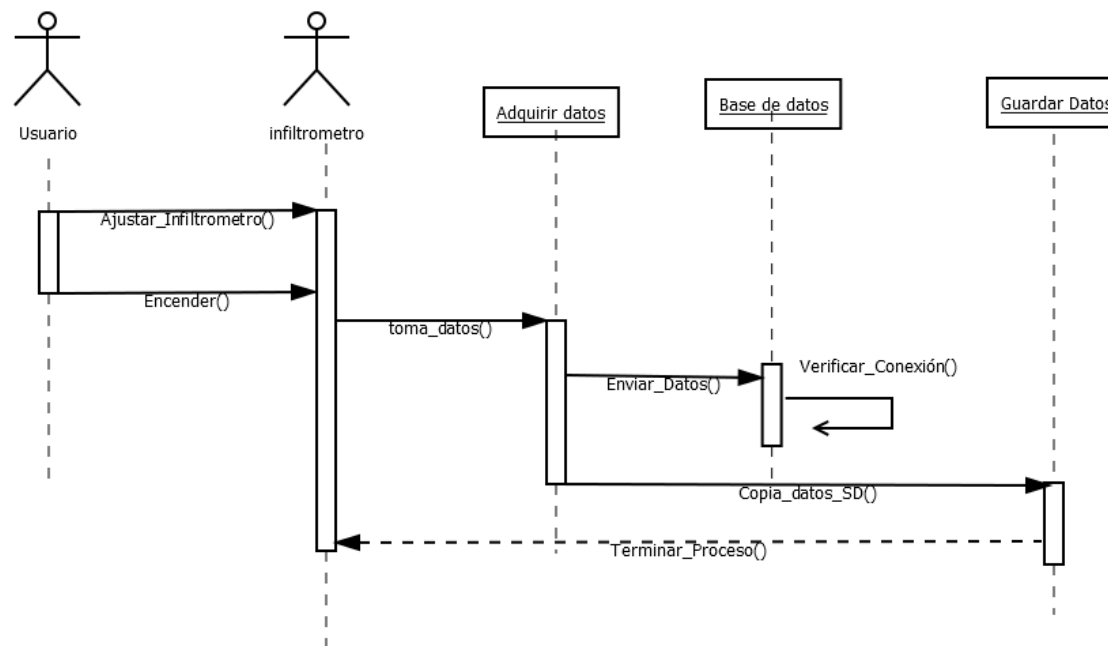


Figura 32 Diagrama de actividades uso del dispositivo

Fuente: Fuente propia

5.3.5 Diagrama De Estado

En este diagrama se observa la secuencia de estados por los que pasa todo el sistema, desde inicio con el ajuste del dispositivo y al finalizar con la obtención de los datos, se observa que esto esta conectado al sistema pero tampoco depende de él, el sistema solo es usado para observar los datos arrojados por el dispositivo.

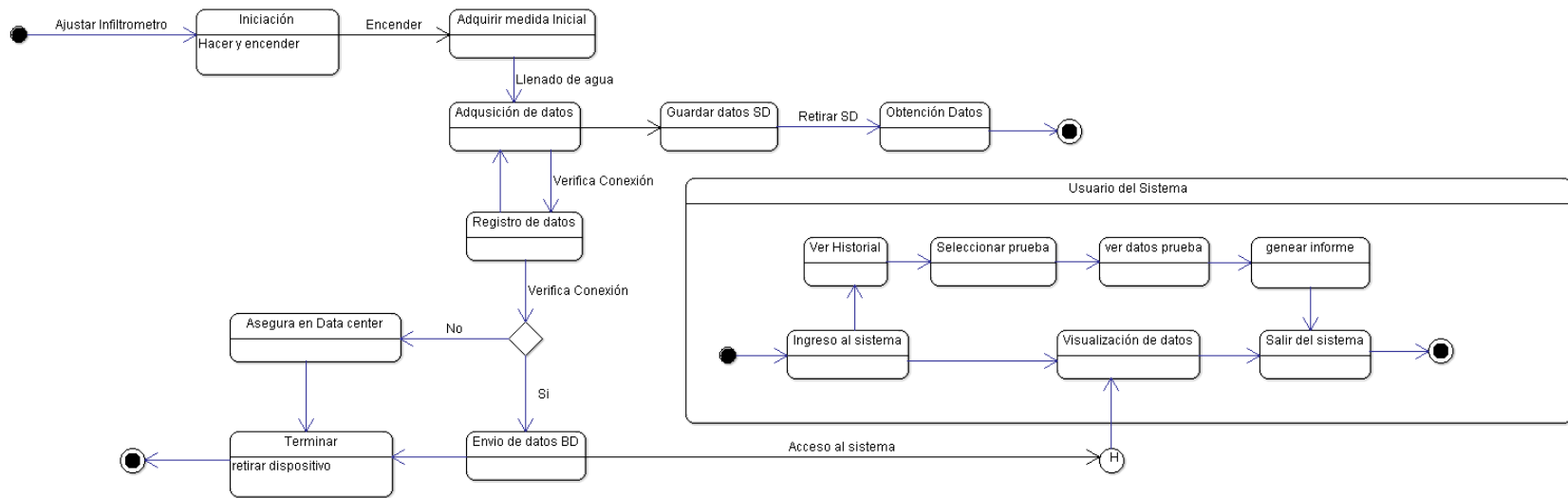


Figura 33 Diagrama de estado

Fuente: Fuente propia

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Después de implantar y dar a conocer el sistema para captura de datos sistematizada en el proceso de infiltración del agua en el suelo en el sector agrícola de la universidad de córdoba, se logró la aprobación del prototipo por parte de las directivas y estudiantes de la facultad de agronomía. Realizando las demostraciones de funcionamiento del dispositivo electrónico *figura 28* en las condiciones idénticas a la forma tradicional de tomar los datos durante el proceso se determinó la factibilidad de realizar la prueba de infiltración del agua en el suelo usando el dispositivo electrónico Inficor.



Figura 34 Demostración practica

Fuente: Fuente propia



Figura 35 Demostración de uso con estudiantes

Fuente: Fuente propia

Fue necesario realizar pruebas comparativas donde se toman los datos de forma tradicional y usando el dispositivo electrónico al mismo tiempo, usando diferentes anillos de infiltración (*figura 29*) en posiciones cercanas.



Figura 36 Pruebas comparativa

Fuente: Fuente propia

Dichas pruebas fueran realizadas en fechas y lugares diferentes, con el fin de obtener variabilidad en los resultados capturados, además de analizar el funcionamiento arquitectónico del dispositivo.



Figura 37 pruebas comparativa 2

Fuente: Fuente propia

Se analizaron los resultados obtenidos por 5 pruebas realizadas en las condiciones mencionadas. Donde se observa específicamente que los datos arrojados por el dispositivo son óptimos para calcular la tasa de infiltración del agua en el suelo, teniendo en cuenta que en cada una de las pruebas se tomaron los datos durante 5 horas continuas en intervalos de tiempo de 10 segundos, es decir que se obtuvieron 1800 medidas aproximadamente por prueba realizada. Estos datos son aproximados ya que el dispositivo se encuentra programado para eliminar aquellos datos capturados erradamente.



Figura 38 prueba practica con el dispositivo

Fuente: Fuente propia

Mientras los resultados obtenidos de la forma tradicional durante las 5 horas continuas también son óptimos para calcular la tasa de infiltración del agua en el suelo. Aunque los intervalos de tiempo en la que se toman los datos son muy variables, inicialmente los datos se toman en intervalos de tiempo de 1 minuto, los intervalos van aumentando según la saturación del suelo. Es decir que el número total de medidas es totalmente impredecible. En las pruebas realizadas manualmente se encontraron con un máximo de 300 medidas tomadas en una prueba.



Figura 39 prueba practica manual

Fuente: Fuente propia

En la gráfica se muestra los resultados obtenidos en la prueba manual comparados con los datos arrojados por el dispositivo.

Y: Infiltración acumulada X: Tiempo

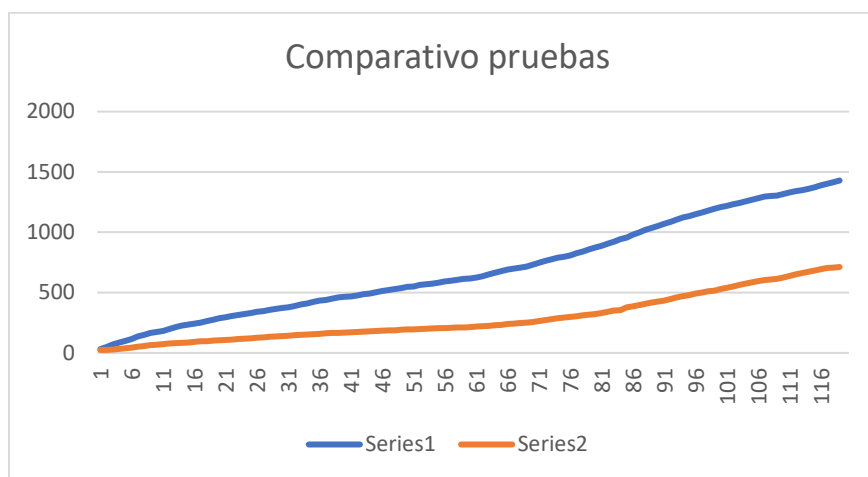


Figura 40 prueba practica con el dispositivo

Fuente: Fuente propia

Se visualiza que la velocidad de infiltración es diferente, aunque al tener en cuenta que se tomaron los datos en anillos distintos este resultado es aceptable. Y se demuestra que dichos resultados son óptimos para calcular la tasa de infiltración del agua en suelo realizando y manipulando los datos según sea requerido en la facultad.

Según el análisis del funcionamiento arquitectónico del dispositivo electrónico en condiciones ambientales extremas determinaron que se debían realizar ajustes de diseño para mejorar su resistencia a las inclemencias climáticas. El prototipo diseñado inicialmente (*figura 30, figura 31*) se calentaba más de lo necesario, poniendo en riesgo los componentes del sistema. La versión 2.0 del prototipo cuenta con un sistema de ventilación y un color

repelente al sol (*figura 31, figura 32*). Además, la posición del sensor ultrasonido en la versión 2.0 facilita el ajuste del dispositivo a los anillos de infiltración.



Figura 41 prototipo inicial Inficor 1

Fuente: Fuente propia



Figura 42 prototipo inicial Inficor 2

Fuente: Fuente propia



Figura 43 versión 2.0 Inficor 1

Fuente: Fuente propia



Figura 44 versión 2.0 Inficor 1

Fuente: Fuente propia

Por otro lado, aprovechando el auge del internet de las cosas (IoT) Se logró dotar al dispositivo de conexión a internet mediante tecnología 2G lo que permite realizar un seguimiento directo y no presencial del estado de la medición capturadas por el dispositivo.

Estos datos son visualizados desde una aplicación web en tiempo real, solo se necesita conexión a internet. además, los datos generados en las pruebas registradas con anterioridad se pueden analizar con practicidad para conocer la capacidad de infiltración del suelo y generar las gráficas fácilmente.



Figura 45 Prueba funcional

Fuente: Fuente propia

Comparación estadística ji-cuadrado

Al realizar algunas pruebas con el fin de conocer la presión de los datos obtenidos por el dispositivo, se realiza la prueba de ji-cuadrado realizando la comparación de los datos observados y los datos esperados.

Los datos observados son aquellos datos que se obtuvieron manual mente, es decir la forma tradicional de obtener los datos al momento de realizar la prueba de infiltración.

La hipótesis del problema es:

H0: los datos se ajustan se ajustan al valor esperado.

H1: los datos no se ajustan al valor esperado.

El error aceptado corresponde al 5%

La formula aplicada para dar respuesta al problema presentado es la del ji-cuadrado, cuya formula es.

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{O_i}$$

Como resultado al momento de aplicar la formula del ji-cuadrado obtenemos los siguientes resultados.

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{O_i} = \frac{(7 - 6.5)^2}{7} + \frac{(11 - 11.1)^2}{11} + \frac{(16 - 15.9)^2}{16} + \dots = 44.624395$$

Ahora calculamos en ji-cuadrado según la tabla de distribución

El grado de libertad en este caso es:

$$v = (n^\circ \text{filas} - 1)(n^\circ \text{columnnas} - 1)$$

$$v = (60 - 1)(2 - 1) = 59$$

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,2
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,79
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,88
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,97
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,05
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,14
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,22
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,30
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,38
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,46
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,53
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,61
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,98
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,33
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,66
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,98
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,57
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,13

Figura 46 Resultado ji-cuadrado

Fuente: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

En la tabla observamos que valor de ji-cuadrado resultante es $\chi^2 = 73.3115$.

Al obtener ambos resultados $\chi^2_{calculado} = 44.624395$ y $\chi^2_{tabla} = 73.3115$ observamos que la diferencia entre ambos es significativa. Por lo tanto, los valores mayores a él son superior al aceptado 0.05, donde $\chi^2_{tabla} > \chi^2_{calculado}$ y la hipótesis H_0 es rechazada. En otras palabras, la diferencia en las proporciones observadas entre los datos tomados manualmente y los tomados con el dispositivo son estadísticamente significativas.

Los datos obtenidos para calcular la presión de los datos fueron tomados en condiciones ajenas a las usadas durante el proceso de infiltración del agua en el suelo en la universidad de Córdoba (*figura 45*). Aunque se trató de simular el proceso de infiltración al disminuir el volumen del agua gradualmente y observar la medida en intervalos de tiempo de un minuto,

además realizar el ajuste del dispositivo debidamente para realizar la captura de datos automática durante el proceso.



Figura 47 prueba estadística

Fuente: Fuente propia

CONCLUSIONES

En la investigación realizada se evidencia la importancia del aplicar tecnologías que apoyen los procesos agrícolas, aumentando la precisión de los datos recolectados, apoyando en trabajo pesado en algunos de los casos y reducir los errores humanos. La tecnología (Iot) internet de las cosas es de gran ayuda al momento de monitorear datos o realizar acciones programadas y puede ser usada y varios procesos agrícolas.

En las prácticas de Infiltración del agua en el suelo realizada en la Universidad de Córdoba, por los estudiantes de agronomía se evidencia claramente las dificultades al momento de realizar la práctica, tales como las inclemencias del clima y los errores al momento de tomar los datos manualmente. Este proyecto busca mejorar las condiciones de trabajo, sistematizar la captura de datos durante el transcurso de la prueba de infiltración, reducir el margen en la toma de datos, optimizar el manejo de los datos desde una aplicación web aplicando tecnología (Iot).

En términos generales el dispositivo electrónico Inficor mostró gran potencial y aceptación por los estudiantes y administrativos de la facultad de agronomía. Siendo una herramienta de apoyo al momento de realizar las pruebas de infiltración y monitorear los datos desde la aplicación web.

Las pruebas funcionales realizadas fueron aprobadas, demostrando que el dispositivo electrónico y la aplicación web, cumple con las especificaciones requeridas por el usuario, automatizando la captura de datos durante el proceso de infiltración, monitoreo de los datos en tiempo real desde la aplicación web y generar informes de las pruebas realizadas. Al momento de analizar estadísticamente los datos recolectados no se llega a la aceptación de

precisión esperada, ya que los datos tomados manualmente y los tomados por el dispositivo cuentan con una diferencia que está por fuera del rango aceptado.

Cabe resaltar que las pruebas de precisión no fueron realizadas en las condiciones idénticas a las reales y la muestras tomada es no probabilística para concluir que el dispositivo no cumple el requerimiento de precisión en la toma de datos.

RECOMENDACIONES

El proyecto de investigación va dirigido inicialmente a estudiantes y profesores de la facultad de agronomía o quienes requieran su uso en la Universidad de Córdoba. Queremos dejar las siguientes indicaciones para quienes estén interesados en continuar la investigación.

- Realizar pruebas en condiciones reales en distintos tipos de suelo, con el fin de obtener la cantidad de muestras suficientes para realizar el análisis estadístico necesario para conocer la precisión de los datos obtenidos.

Al desarrollar una nueva versión del dispositivo se recomienda

- Optimizar el consumo de energía en el dispositivo.
- Desarrollo de aplicación Android con las funcionalidades mejoradas.
- Visualización de los datos desde el dispositivo por medio de un display.

BIBLIOGRAFÍA

Zeng Cui, Gao-Lin Wu, Ze Huang, Yu Liu. (2019) Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semi-arid grassland soils. *Science Direct*.

FAO Manual de Riego Parcelario 1, s.f Revisión de bases técnicas. *Science Direct*.

Biplab Ghosh Sreeja Pekkatt (2019) A critical evaluation of measurement induced variability in infiltration characteristics for a river sub-catchment. *Science Direct*.

Yamil Armando Cerquera, Guillermo Andrés López y Leidy Johanna Ramos (2010) Design of an Electronic Digital System to Automate the Soil Test of Infiltration Capacity in Field. *Science Direct*.

Pizarro, R., & Flores, J. (2008). Módulo 3 Curvas de infiltración. *Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos*.

Sanchez, E., Calvo, G., Candan, A. P., Cichon, L., Colodner, A. D., Masi, S. N. D., ... & Curetti, M. (2009). Pera Williams: Manual para el productor y el empacador. *Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina*.

César Alvarado Batres, Marco Barahona y Palomo (2017) Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. *Science Direct*.

Weber, Juan Francisco (2017) Estimación de los parámetros del modelo de infiltración de Philip para áreas permeables del ejido urbano de la ciudad de Córdoba, Argentina. *Science Direct*.

Leopoldo J. Génova, Ricardo Andreau, Profesor Adjunto Ordinario, Marta Etcheverry, Pablo Etchevers, Walter Chale, Ayudante Diplomado, Facundo Ramos, Ayudante Diplomado (2017) Hidrología aplicada al estudio y manejo de cuencas y de sistemas de riego y drenaje: Aplicación de metodologías para la medición y estimación del escurrimiento y la infiltración. *Science Direct*.

Biplab Ghosh Sreeja Pekkatt (2019) A critical evaluation of measurement induced variability in infiltration characteristics for a river sub-catchments. *Science Direct*.

Morais, Silva & Méndez (2019) mySense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices. *Science Direct*.

Drury, Fernández, Moura & Andrade (2019) A survey of semantic web technology for agriculture. *Science Direct*.

Fatehnia, Paran & Kish (2016) Automating Double Ring Infiltrometer With Arduino Microcontroller. *Science Direct*.

Léger y Saintenoy (2012) Surface Ground-penetrating Radar monitoring of water infiltration inside a ring infiltrometer. *Science Direct*.

Estilita Ruiz Romera, Miren Martínez Santos, st HIDROLOGÍA APLICADA TEMA 4. INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO. Academia.edu

Yu Liua,b, Zeng Cuia,b, Ze Huang,a,b, Manuel López-Vicentec, Gao-Lin Wua (2019) Influence of soil moisture and plant roots on the soil infiltration capacity at different stages in arid grasslands of China. *Science Direct*.

Emmanuel Léger, Albane Saintenoy (2012) Surface Ground-penetrating Radar monitoring of water infiltration inside a ring infiltrometer. *Science Direct*.

Nancy Gulati, Pankaj Deep Kaur (2019) Towards Socially Enabled Internet of Industrial Things: Architecture, Semantic Model and Relationship Management. *Science Direct*.

Jeretta Horn Nord, Alex Koohang, Joanna Paliszkiewicz (2019) The Internet of Things: Review and theoretical framework. *Science Direct*.

Machado, D. B., Calderón, C. A., & Moreno, L. P. (2016). *PROPUESTA DE ARQUITECTURA PARA INTERNET DE LAS COSAS* (Doctoral dissertation, Tesis de grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana).

Arduino Foundations 2019. Obtenido de: arduino.cc

Asociación Programa Ergo Sum 2019. Obtenido de: programoergosum.com

Juan Carlos Macho 2020. Obtenido de: store.prometec.net

Axarnet 2017. Obtenido de: axarnet.es

The Php Group 2020. Obtenido de: php.net

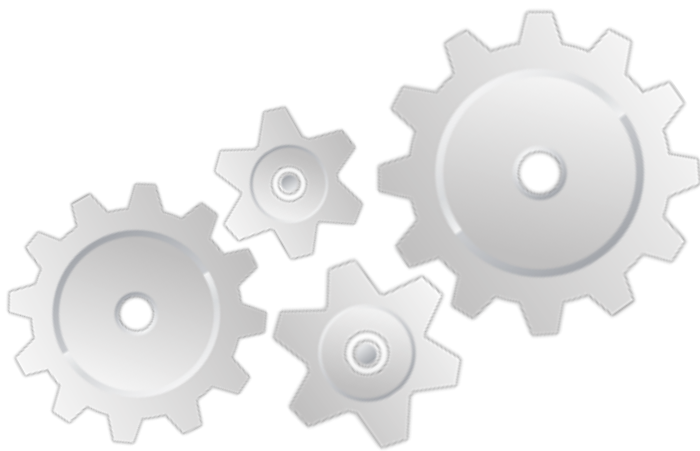
Hostinger International Ltd. 2019. Obtenido de: hostinger.co

Manuel Cillero Peñuela 2019. Obtenido de: manuel.cillero.es

Guillermo Perez 2019. Obtenido de: ciclohigrologico.com

ANEXOS

MANUAL DE USARIO INFICOR



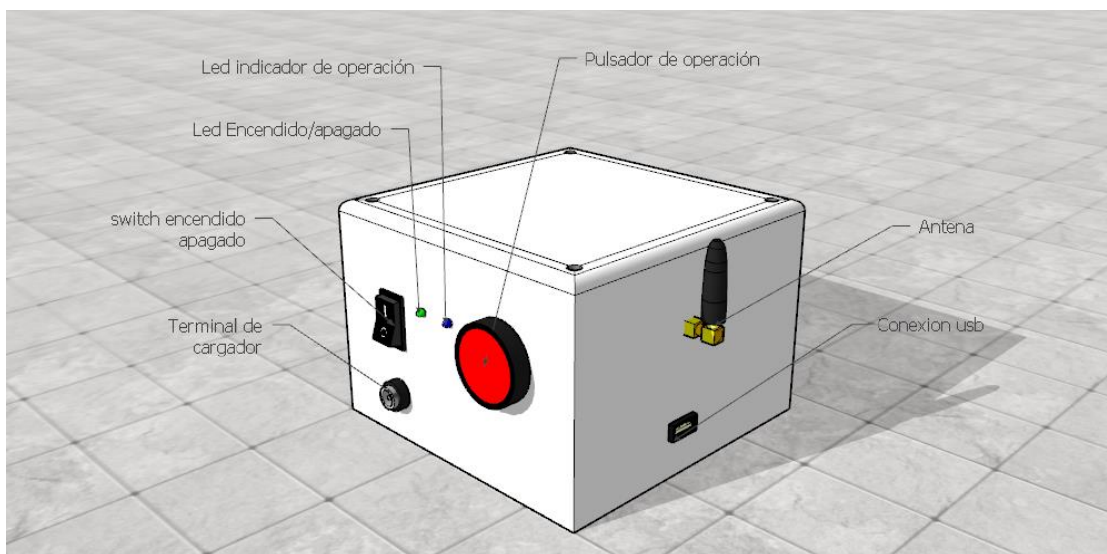
MANUEL DE USAURIO

Inficor

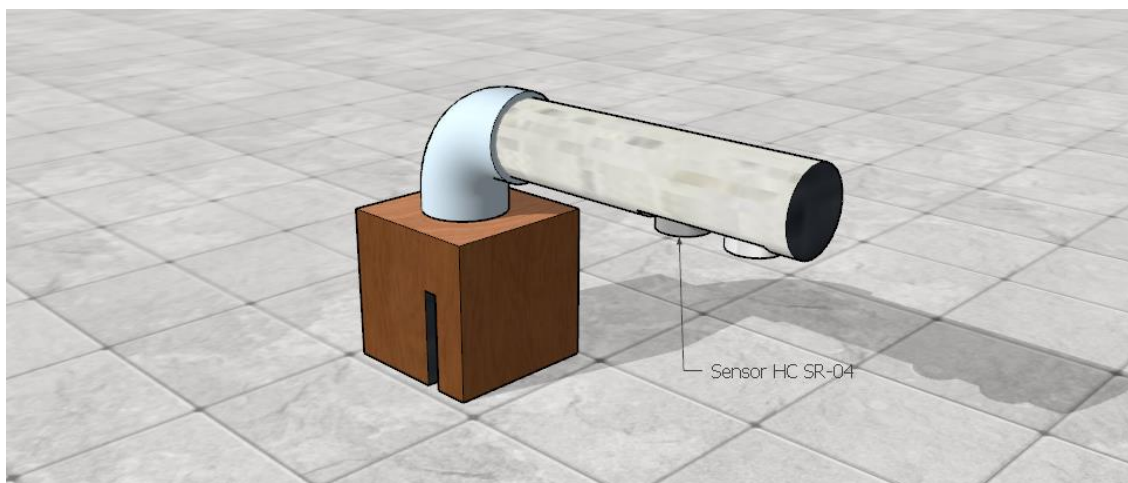


MANUAL DE USO DEL DISPOSITIVO

Partes del dispositivo

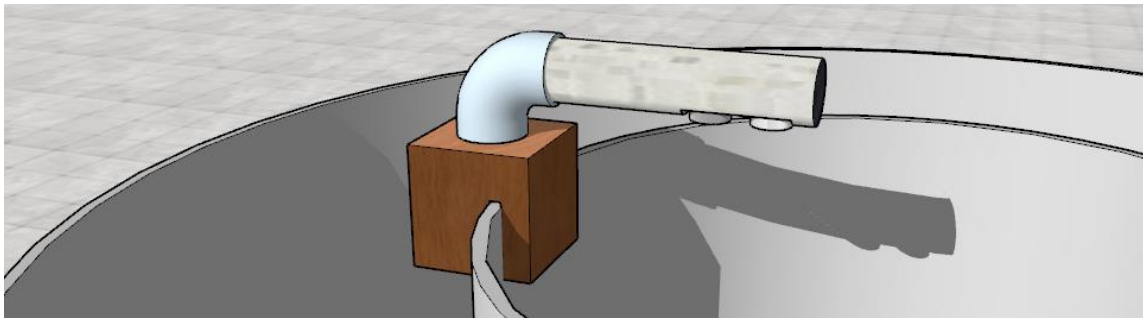


Modulo del sensor



Instalación del dispositivo

1. Una vez introducidos los anillos en el suelo, se debe insertar el módulo del sensor en los anillos a través de la ranura existente en la base de manera verificando que el sensor quede perpendicular al suelo.

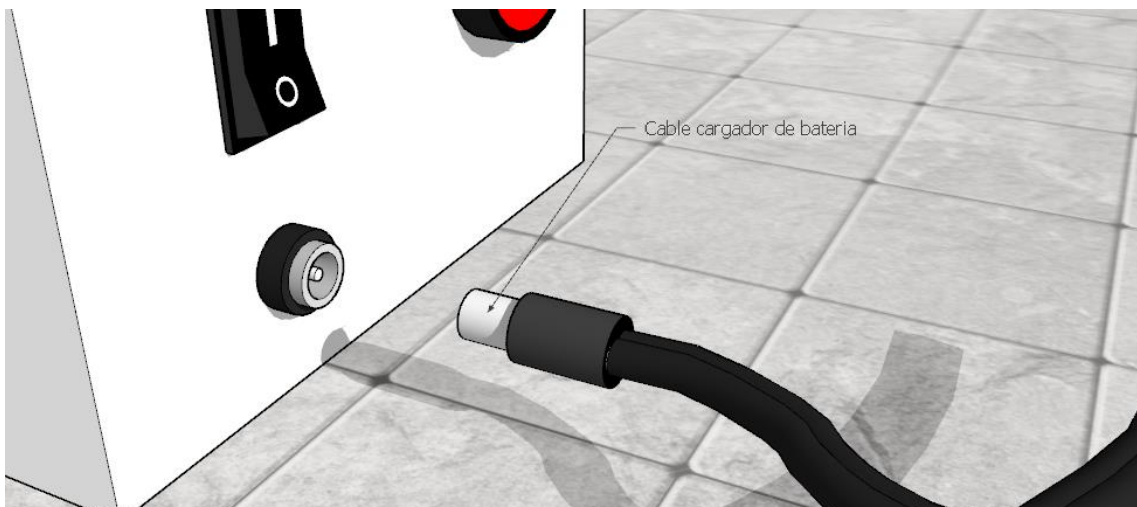


2. Conectar el cable que une el módulo del sensor con el dispositivo controlador.
3. Conectar la memoria USB donde se guardarán los datos. Esta debe estar formateada en FAT32.
4. Encender el dispositivo a través del switch de encendido.
5. Esperar 30 segundos que la controladora se inicie. Una vez finalizado el proceso de inicio el dispositivo dará aviso encendiendo la luz azul indicando que está listo para empezar.
6. Se debe tomar la medida de distancia del dispositivo al suelo. Para esto se ubica la placa plana justo debajo del sensor y luego se presiona el pulsador de operación (botón rojo).

7. Instalar la bolsa plástica para agregar agua.
8. Una vez retirada la bolsa, se debe presionar de inmediato el botón de operación (botón rojo) para dar inicio a la prueba.
9. El led azul indicará que la prueba se está realizando correctamente porque estará brillando intermitentemente.
10. Al realizar un cambio de agua (agregar más agua a los anillos), se debe presionar en el acto y una sola vez el botón de operación.
11. Finalizada la prueba el dispositivo debe ser apagado mediante el switch.

Carga de la batería

Para cargar la batería se debe usar la fuente de poder proporcionada. Para evitar riesgos de perder la batería, esta debe ser cargada por un máximo de dos horas. La batería de dispositivo solo se puede cargar mientras el dispositivo esté apagado.



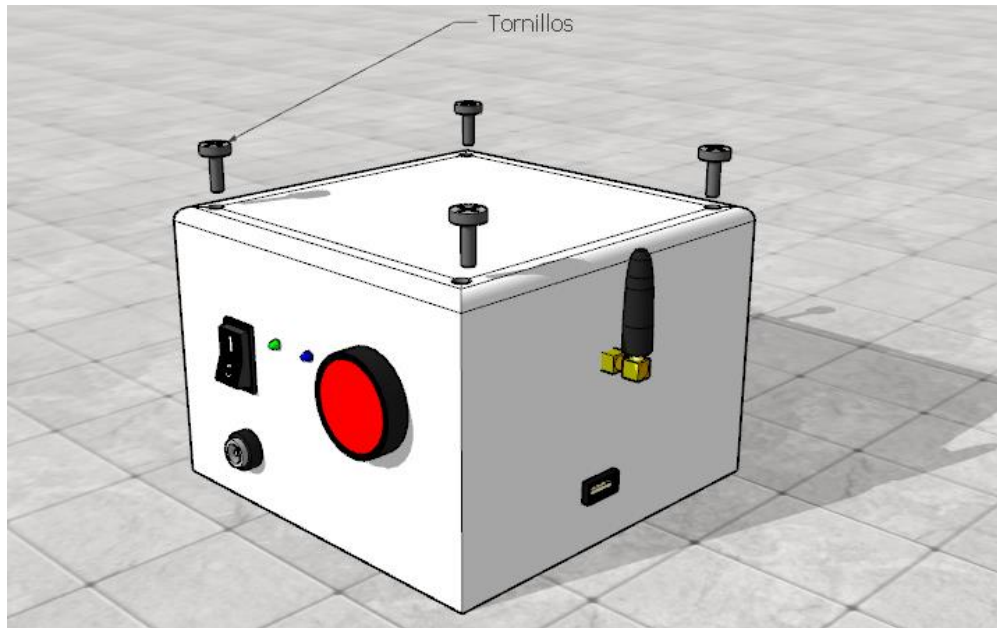
TARJETA SIMCARD Y RECARGA DE DATOS

El dispositivo es entregado con una tarjeta SimCard. El número de esta es 302 212 6765.

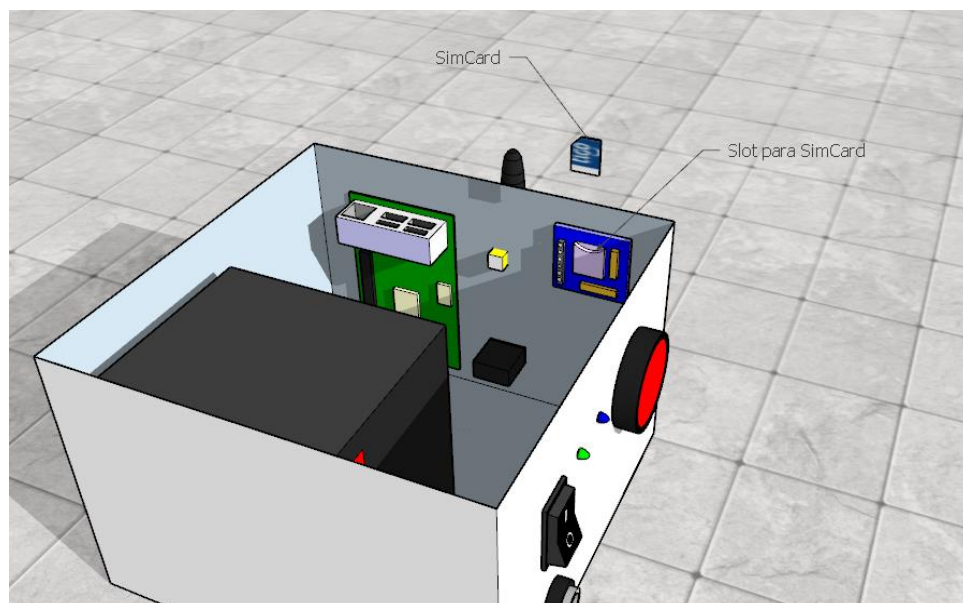
Para habilitarle datos para internet a la línea existen varias formas, la más sencilla en este caso es realizar una “recarga de datos” a la línea, con esto será suficiente para el funcionamiento.

En caso de querer cambiar la simcard, se debe extraer ésta desatornillando la tapa para acceder al módulo gsm dentro del dispositivo tal como se muestra en la figura:

Desmontaje de tapa



Colocación de SimCard



MANUAL DE USO DE LA APLICACIÓN WEB

REGISTRO DE USUARIO

En la pagina principal debe oprimir

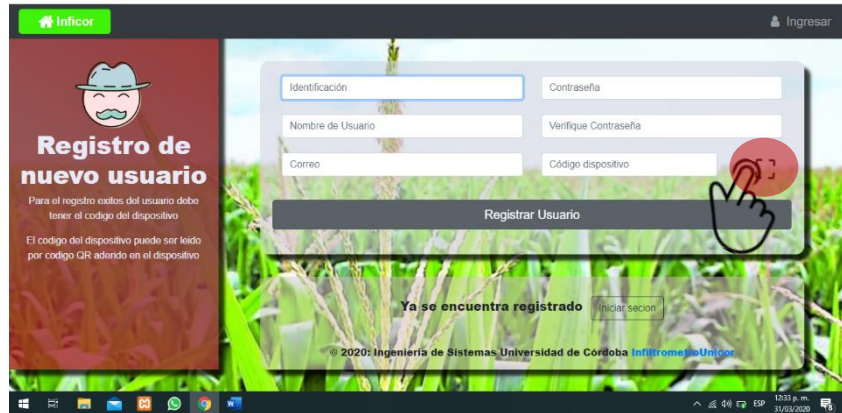
Registrarse


1



2

El nuevo usuario debe ingresar todos los
datos requeridos en cada uno de los

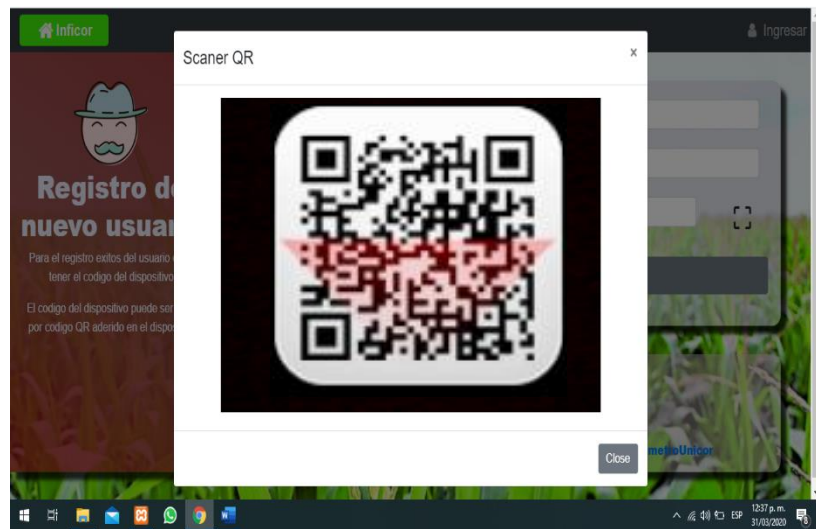


Al oprimir el icono  se abre la ventana para realizar el scanner del QR, correspondiente al

3



El código QR
estará impreso



4

Para finalizar se oprime Registrar usuario

Registrar Usuario

1067935900

KIMBERLY

kimberly_gp@hotmail.com

.....

0x1831bf156f44

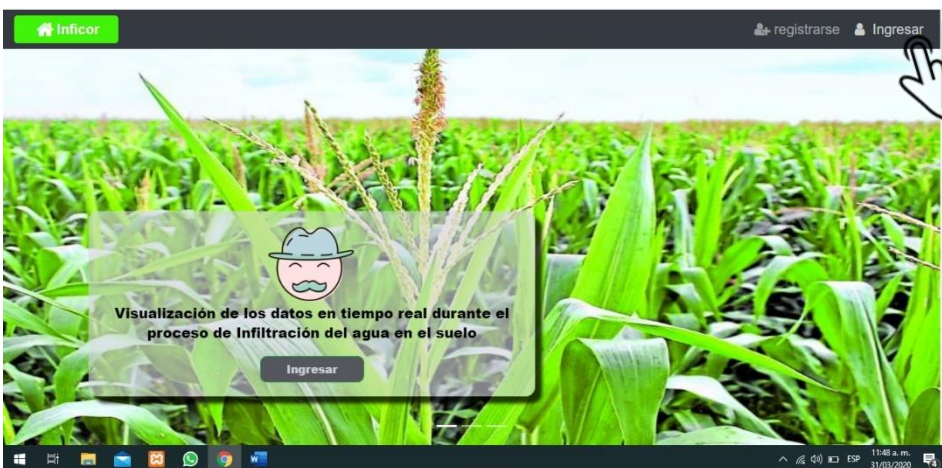
Registrar usuario

INICIO DE SESIÓN Y VERIFICACIÓN DE REGISTRO

En la pagina principal debe oprimir

Ingresar

1



2

El usuario debe ingresar el usuario y la contraseña registradas

SI EL USUARIO Y CONTRASEÑA
SON CORRECTOS ✓
EL USUARIO INGRESA AL SISTEMA

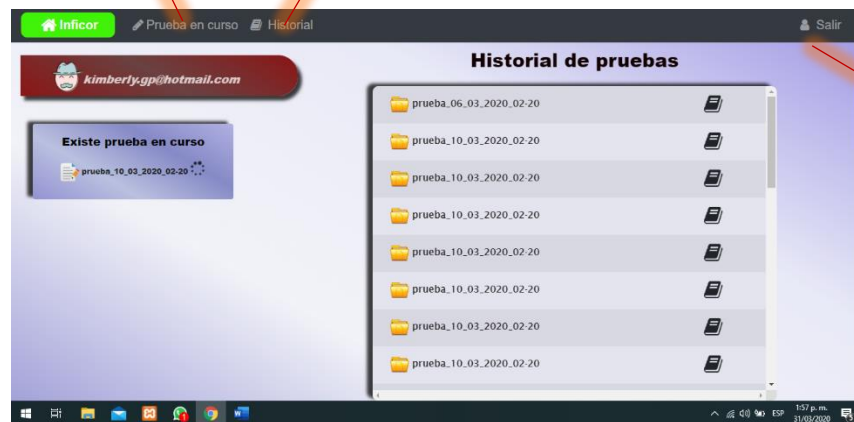


INGRESO AL SISTEMA

Al ingresar al sistema el usuario tiene una vista general del historial de pruebas y la prueba en curso.

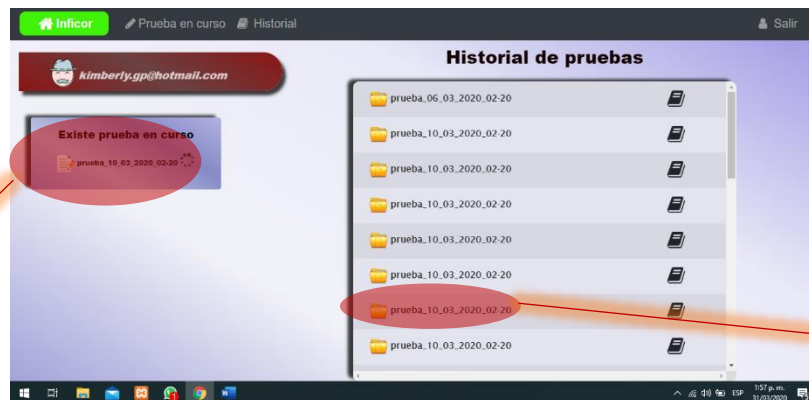
Acceso a los datos de la prueba en curso

Acceso al historial de pruebas



Salir del sistema

Aviso y acceso a los datos de la prueba en curso



Listado del historial de pruebas y acceso detallado a los datos de la prueba

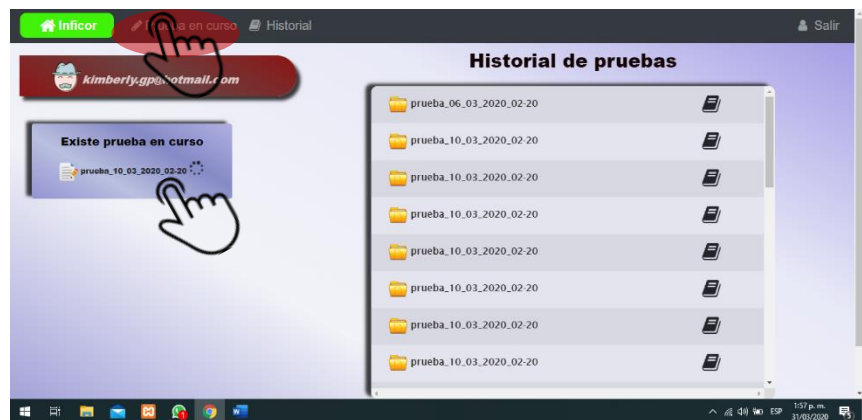
VER DATOS DE PRUEBA EN CURSO

1

En la página de inicio oprima

Prueba en curso

O el código de la prueba Prueba _xxx_xxx



Visualización de los datos de la prueba en curso capturados por el dispositivo electronico en tiempo real

2

Inficor

Prueba en curso

Historial

Salir

prueba_10_03_2020_02-20

Ciudad

Tipo de suelo

Observaciones generales de la prueba en curso

Registrar Detalle

Prueba en curso

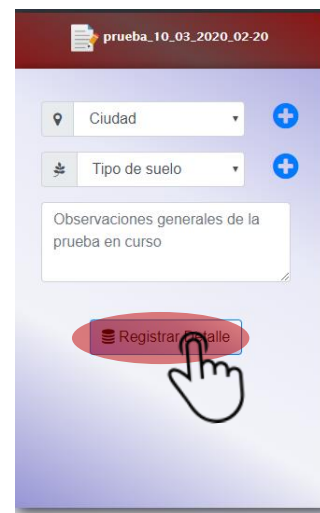
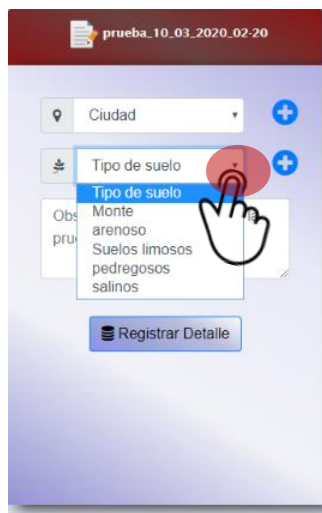
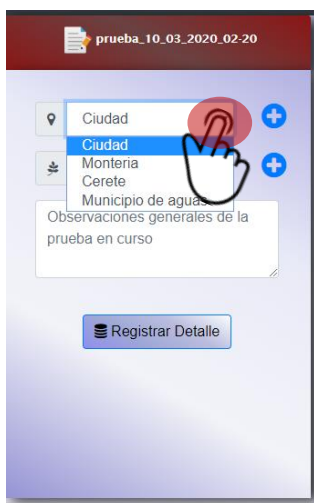
N° Dato	Tiempo	Escala
1	1	4.12
2	Tiempo acumulado	1.12
3	1	4.12
4	2	1.12
5	1	4.12
6	2	1.12
7	1	4.12

Tiempo acumulado

Lectura en escala

3

Agregar los detalles de la prueba
Localización - Tipo de Suelo - Observaciones

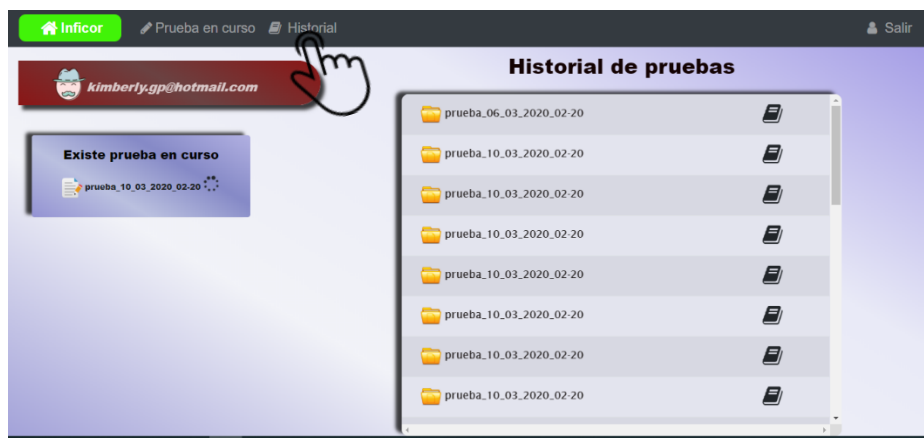


VER HISTORIAL DE PRUEBAS

1

En la página de inicio oprima

Historial



El usuario visualiza las pruebas registradas y
puede buscar una prueba específica



2

Búsqueda
de prueba

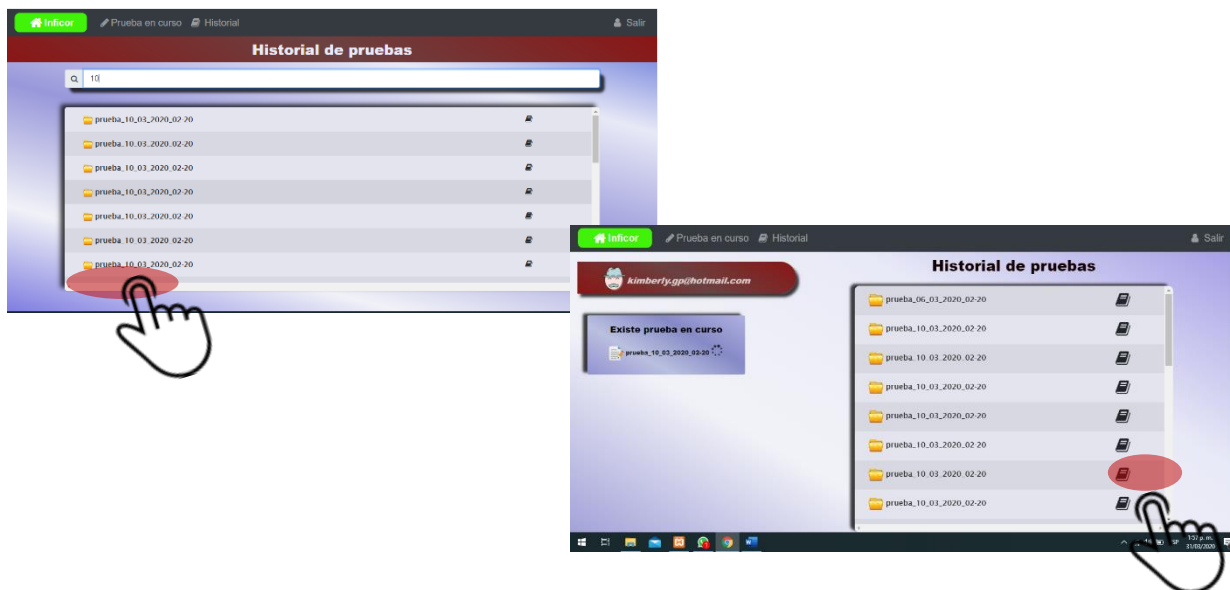
Visualización
de las pruebas




VER DETALLES DE LA PRUEBA

1


Seleccionar la prueba que desea ver detalladamente
Ya sea en la interfaz inicial o historial



Visualización de la prueba seleccionada 
Prueba_xxxxxx-xx

2

Prueba seleccionada



Infiltración parcial

Infiltración acumulada




Nº Dato	Tiempo	Escala	I Parcial (mm)	Ia (mm)
1	1	4.12	-	-
8	2	1.12	-30	-30
9	1	4.12	30	0
10	2	1.12	-30	-30
11	1	4.12	30	0
12	2	1.12	-30	-30
13	1	4.12	30	0
14	2	1.12	-30	-30


3

Visualización de los datos específicos de la



Prueba_xxxxxx-xx

-  Generar PDF del informe
-  Generar documento Excel
-  Generar gráfica de datos

 prueba_06_01_2020_02-20

LOCALIZACIÓN:

Municipio de aguas

TIPO DE SUELO:

Monte

OBSERVACIONES:

ok

